



道総研

技術移転フォーラム 2020

工業試験場 成果発表会

発表要旨

重力補償装置
ライムケーキ
 産業機械部品用洗浄装置

軽労化技術

メタマテリアル
 ナノファイバー
 技能・技術伝承手法
UAV
 非線形シミュレーション技術

道産バイオマス資源
AI
 森林調査手法

SLAM
 排湯熱回収

耐高温腐食摩耗合金

生体情報計測
AR
 産業機械部品用洗浄方法

ロボットハンド
 心的状態推定
 企画立案支援ツール
 吸着分離技術

感性工学
 自動運転システム
 褪色復元システム

高灰分バイオマス
 鮮度保持技術
OCT光学系

機能性素材カーボンゲル
 高温高圧水マイクロ化学プロセス

調湿材

プラチナ触媒フィルター
金属3D造形
 見守り・健康支援システム
 ホタテウロエキス
 再生可能エネルギー
 金属製部品破損解析

海岸流木

2020

はじめに

新型コロナウイルス感染症が多大な影響を及ぼしており、当工業試験場においても一部業務を制限するなど、皆様には大変ご迷惑をおかけしております。例年、5月末に「技術移転フォーラム工業試験場成果発表会」を開催し、道内外の企業の皆様はもとより、大学等の研究機関、関係する団体、支援機関など多くの方々に研究の成果を発信・共有してきたところではありますが、令和2年の成果発表会については、感染拡大防止の観点から研究要旨をインターネット上で公表することとしました。

今回の成果発表会においては、牧草刈り取り・踏圧作業に向けた自動運転システムの開発、農業用廃プラスチックの循環利用に向けた燃焼機器の開発、環境にやさしい産業機械部品洗浄装置の開発、アナログ写真資産の褪色復元システムの開発といった38件の研究成果を紹介いたします。本道のものづくり基盤力の向上や食関連産業の競争力強化などに貢献する実用化、事業化に向けた研究成果でありますので、是非、成果の活用に向けて、ご意見、ご質問をお寄せいただければ幸いです。

さて、工業試験場は2年後の2022年に設立100周年を迎えます。窯業と醸造業の振興からスタートし、北海道産業の盛衰と共に組織体制の変遷を重ねて参りました。そして、この4月に、新たな価値創出や複雑化・多様化する課題への取組を加速するため、推進体制を大幅に改正しております。食関連産業等の生産性向上、高齢化社会への対応、そして、新型コロナウイルスと向き合う新たな社会システムなどの環境変化に対して、デジタル・トランスフォーメーション（DX）等の先進技術を取り入れながら機動的に取り組んでいく所存です。

令和2年（2020年）にスタートした北海道立総合研究機構の中期計画における重点分野である食関連産業の振興、循環型社会の構築、持続可能な地域社会の実現を念頭に置きながら、100年のその先を見据え、北海道の未来づくりに貢献して参ります。

令和2年6月

北海道立総合研究機構

産業技術環境研究本部長 片山 直樹

分野別発表課題一覧

●情報通信・エレクトロニクス・メカトロニクス関連技術分野

発表課題	発表者	ページ
高解像度デジタイズ装置を用いた褪色復元システム	宮崎 俊之	情-1
IoT技術を活用した自動運転システムの遠隔監視技術	堤 大祐	情-3
SLAMを用いた自律移動システムの開発	林 峻輔	情-4
UAVと深層学習を活用した森林資源量推定手法の開発	近藤 正一	情-5
アサリ垂下養殖における軽労力化技術の開発	浦池 隆文	情-6
自動調節が可能な重力補償装置の試作	伊藤 壮生	情-7
破壊や塑性変形を伴う非線形シミュレーション技術	今岡 広一	情-8
AIと画像分析によるてん菜の自動受入査定技術の開発	藤澤 怜央	情-9
複数波長の光源を用いたOCT光学系の開発	岡崎 伸哉	情-10

●環境・エネルギー関連技術分野

発表課題	発表者	ページ
高灰分バイオマス・廃棄物等の燃料利用	山越 幸康	環-1
海岸流木の熱料化技術の開発	富樫 憲一	環-3
再生可能な電気エネルギーの地域利用に向けた取組	林田 淳	環-4
道産天然資源の高度利用に向けた吸着分離技術の開発	吉田 誠一郎	環-5
ホタテウロエキスのサケ科増養殖魚への利用	若杉 郷臣	環-6
排湯熱回収のための流下液膜式熱交換器の性能評価	藤澤 拓己	環-7
高温高圧水マイクロ科学プロセスによる糖類の高機能化	松嶋 景一郎	環-8
機能性素材カーボングルを用いたプロセス開発	吉田 誠一郎	環-9
ライムケーキおよび貝殻における坑廃水処理の検討	富田 恵一	環-10

●材料関連技術分野

発表課題	発表者	ページ
環境に優しい産業機械部品用洗浄装置の開発	坂村 喬史	材-1
道産バイオマス資源のナノファイバー化および特性評価	瀬野 修一郎	材-3
メロン船便輸出における鮮度保持技術への調湿材の適用	野村 隆文	材-4
調湿材を効率よく開発できるシミュレーションの開発	森 武士	材-5
メタマテリアルの原理による新規ミリ波フィルタの開発	斎藤 隆之	材-6
青果物の長期貯蔵を可能とする新触媒のモジュール化	執行 達弘	材-7
金属製部品の破損解析事例	飯野 潔	材-8
環境に優しい産業機械部品用洗浄方法の調査	坂村 喬史	材-9
流動床ボイラにおける耐高温腐食摩耗金属の開発	米田 鈴枝	材-10

●製品・生産関連技術分野

発表課題	発表者	ページ
牧草刈り取り・踏圧作業に向けた自動運転システムの開発	中西 洋介	製-1
ICTを活用した見守り・健康支援システムの開発	中島 康博	製-3
複合粉末による金属3D造形品の品質評価	戸羽 篤也	製-4
生体情報計測を利用した心的状態推定	泉 巖	製-5
新製品開発のための企画立案支援ツールの開発	日高 青志	製-6
野菜の内部状態をセンシングするロボットハンドの研究	川島 圭太	製-7
効果的な技術・技能継承手法の普及活動	神生 直敏	製-8
電子家具カタログへのAR技術の導入支援	安田 星季	製-9
金属3Dプリンタ造形物の寸法精度向上方法	鈴木 逸人	製-10
生体情報計測による災害復興作業用シヨベルの評価	前田 大輔	製-11
感性工学を活用したデザイン開発技術に関する調査	大久保 京子	製-12

技術移転フォーラム2020 工業試験場 成果発表会

**情報通信・エレクトロニクス・
メカトロニクス関連技術分野**

高解像度デジタイズ装置を用いた褪色復元システム

一億万画素の褪色復元機で新市場を開発し雇用を拡大するシステムの構築（令和元年度）
産業システム部 ○宮崎俊之、堀 武司、藤澤怜央
（株）アイワード

1 はじめに

美術館や博物館に保存されているフィルムや印画紙などのアナログ写真資産は膨大な量が存在しており、これらを活用し文化遺産として後世に残すことが喫緊の課題となっている。アナログ写真資産を活用し印刷やアーカイブなどに活用するためには、デジタル化が必要となるが、出版業務などで使用できる解像度や色再現性、対応できる原稿の種類や大きさ、デジタル化の速度の全てを兼ね備えた装置は存在しない。（株）アイワードは、褪色したアナログ写真を違和感なく色復元する「褪色復元システム」を開発するなど、アナログ写真資産の活用に取り組んでいる。道総研では技術指導や共同研究を通じ、新たなデジタイズ装置の開発と褪色復元技術の高度化のための技術支援を行った。

2 高精細デジタイズ装置の開発

一般的にアナログ写真のデジタル化にはフラットベッド型やドラム型のスキャナが使用されてきた。スキャナは簡便であり、ひずみの少ないデジタル化ができるが、出版などのプロフェッショナル業務で使用するにあたっては階調の狭さや対応できる原稿サイズ、スキャン速度などの点で課題がある。デジタルカメラを用いたデジタイズは大型原稿への対応が容易であるが、原稿を照射する照明系を均一にすることが難しく、色再現性にも課題があった。

（株）シグマが開発した撮像素子 Fovion は、一般的なデジタルカメラで使用されるベイヤー配列の撮像素子と異なりフィルタを持たないため解像力と色再現性に優れている。この Fovion を搭載したデジタルカメラを複数搭載した撮像システムを開発した（図1）。



図1 高精細デジタイズ装置（外観）

システムはカメラ架台と昇降装置、撮影台、ならびにカメラコントロール用のタブレット PC と画像合成用ワークステーションで構成される。カメラ架台は 3m 程度まで昇降させることが可能で、A0 サイズの大型原稿まで対応可能とした。撮影台には（株）栗原工業製の特殊光源エル・エコライトを内蔵し、照明むらの少ない透過光撮影が可能となっている（図2）。



図2 透過光源を内蔵した撮影台

3 画像合成アルゴリズムの開発

開発した高精細デジタイズ装置に搭載したカメラの撮像データを合成して 1 枚の巨大なサイズの画像を作成するため、画像の特徴点を抽出し合成する手法を開発した。画像取得方法として 4 台のカメラによる同時一括撮影法を採用することで、合成アルゴリズムで問題となる画像間の照明むらを抑えることが可能となった。また 4 台のカメラの相対位置が一定になったことにより、特徴点が抽出しづらいグラデーション画像についても合成が可能となった。

画像の中の特徴点を抽出する手法としては、サブピクセル単位での抽出が可能である計算アルゴリズム「AKAZE」を使用し、2 つの画像の特徴点の一致率を計算することにより、画像の相対的な位置調整と小さな歪みの補正を行い合成を行っている（図3）。

開発した高精細デジタイズ装置には、特性がそろった高性能レンズを搭載しており、ゆがみが少ない画像が取得可能である。これにより画像縮尺が大きく変動しないため、基本アルゴリズムには平行移動と回転による特徴点マッチングを使用した。また合成部分の輝度差により、合成後に境界部分が明瞭となる問題があったが、合成割合を段階的に変化させるアルゴリズムを開発することで、違和感のない合成を可能とした。



図3 画像合成のための特徴点検出

4 アナログ写真の褪色復元

高精細デジタル装置の活用事例として、アナログ写真の褪色復元がある。ネガフィルムやリバーサルフィルムなどの透過型アナログ原稿や、プリント・印刷物などの反射型アナログ原稿には発色のための色素が含まれる。この色素分子は水分や温度などの要因により全体的に赤色化し色が濃くなる暗褪色や、色素が抜ける（透明化する）明褪色が生じる。このとき、「肌色」や「空の青」、「木々の緑」など、撮影時と現在で変わらない色（不変色）を画像上でピックアップし、この情報を手掛かりに色を「逆変換」することにより、褪色した画像を復元できる（図4）。

●参照点・・・不変色



ポイント1 R=232 G=187 B=209	ポイント1 R=67 G=157 B=194
ポイント2 R=168 G=65 B=33	ポイント2 R=151 G=54 B=32
ポイント3 R=207 G=39 B=27	ポイント3 R=80 G=97 B=48
ポイント4 R=227 G=161 B=174	ポイント4 R=24 G=128 B=170

図4 褪色復元アルゴリズムの原理

5 褪色復元システムの高度化

平成26年に（株）アイワードと北海道大学が共同で開発した褪色復元システムは、①褪色したアナログ写真を高品質でデジタル化する撮像系の構築、②褪色が大きく進んだ画像にも適用可能なアルゴリズムの改良など、実用化に向けての課題があった。道総研は平成27年度から、システムの実用化に向けた技術支援を継続して行ってきた。支援にあたっては、道総研が保有する色彩工学の知見を活用することで、適切な色空間の変換方法（図5）と、アルゴリズムの改良を行った。プログラム開発においては数値演算ソフトウェア MATLAB を使用したラピットプロトタイピングを行い、効率的なアルゴリズム開発・

改良を行った。

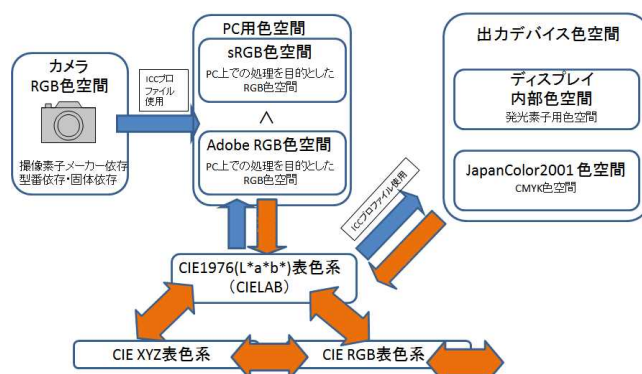


図5 各種色空間の変換フロー

処理の一例を図6に示す。この画像は明褪色・暗褪色が同時に進行し、極めて色が乏しくなっていた。この様な写真に対しても、改良アルゴリズムを適用することで、元色を数理的に推定し、色復元を行うことが可能となった。



図6 処理の一例（写真提供：栗田恵子様）

6 まとめ

本技術支援では、印刷や出版などのプロフェッショナルな用途で使用するために、アナログ写真原稿を高精細にデジタル化するシステムと、褪色復元を行うシステムの開発をサポートした。これらのシステムは（株）アイワードで実用化し、業務に使用されている。

世界中に大量に存在し、褪色が進んでいるアナログ写真資産を後世に遺すことは喫緊の課題であり、本開発で開発したシステムを用いることで、学術資料の保存や美術館、博物館資料のアーカイブ、貴重な文化遺産写真の褪色復元など、アナログ写真資産の活用が一層進むことが期待される。

今後も引き続き、更なるシステム高度化・高品質化のための支援を行うと共に、道総研が保有する色彩工学を活用した技術支援を実施する。

（連絡先：miyazaki-toshiyuki@hro.or.jp、011-747-2947）

IoT技術を活用した自動運転システムの遠隔監視技術

有人車両と自動走行車両の協調作業によるサイレージ踏圧作業体系の開発

(平成29～令和元年度)

産業システム部 ○堤 大祐、中西洋介、林 峻輔、今岡広一

1 はじめに

北海道の酪農は大規模化が進んでおり、大型の農作業機や重機を用いてサイレージの調製作業の効率化を図っている。しかしながら、近年、オペレータ不足が課題となっている。工業試験場では、トラクタ用の自動運転システムを開発し、刈り取りと踏圧作業を無人で行った。

自動運転トラクタの開発において、自動運転に必要なセンサ情報と制御情報を通信ネットワークで接続した自動運転システムを構築した。自動運転システムを安全に機能させるためにはセンサや自動運転システムの正常動作を監視する必要がある。そこで、自動運転におけるシステムの動作状態を遠隔で監視可能な技術を開発した。

2 通信ネットワーク

トラクタを自動で運転するため、トラクタの姿勢およびトラクタ周囲の状況に関する以下 A～C に示すセンサ情報を通信ネットワーク CAN (Controller Area Network) で接続した自動運転システムを開発した。

- A トラクタの方位角と傾斜角(トラクタの姿勢)
- B 転倒予測システム(トラクタ周囲の状況)
- C 測域センサによる周辺の障害物検出(トラクタ周囲の状況)

これらのセンサ情報に加えて、自動運転システムの消費電力などの情報も合わせて通信ネットワークに接続した。自動運転システムの構成を図1に示す。

3 遠隔監視技術

遠隔監視はこれら通信ネットワークに接続したセンサ類の情報をスマートフォンなどの外部端末からブラウザを使って行う。そのためのサーバ機能を持たせた遠隔監視 ECU(Electronic Control Unit)を開発した。

トラクタなどに搭載するためには、処理性能の高さよりも大きさや消費電力の低さなどが重要となる。本研究では、処理性能を押えて小型低消費電力の ECU を用いた。そのため、メモリ消費量が少ない Node.js を用いてサーバ機能を実現した。

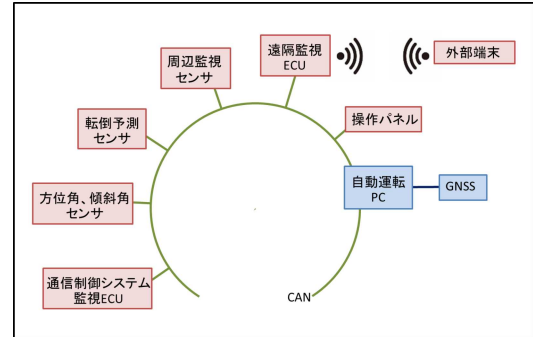


図1 自動運転システムの構成

サーバは接続した外部端末に対して、約 1 秒ごとにセンサや電源電圧の状態などのデータを送信する。さらに、トラクタに対し自動運転開始および停止の操作を行う遠隔操作機能を付加した。遠隔監視および遠隔操作の表示例を図2に示す。

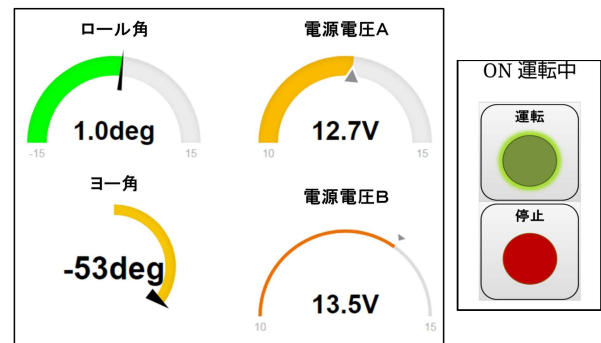


図2 遠隔監視(左)および遠隔操作(右)の表示例

4 まとめ

自動運転システムの状態を外部機器で監視するための遠隔監視技術を開発した。スマートフォンやタブレット端末などの外部端末に自動運転システムの状態をグラフで表示するため、動作を容易に確認できた。さらに、外部端末から自動運転トラクタを操作でき、緊急時の対応も可能となった。

今後は遠隔監視技術の産業機器や農作業機器への搭載を進める予定である。

(連絡先：tsutsumi-daisuke@hro.or.jp、011-747-2955)

SLAMを用いた自律移動システムの開発

フィールドロボット走行制御のための環境認識技術の研究（平成30～令和元年度）

産業システム部 ○林 峻輔、堤 大祐
道総研 研究企画部 三田村智行

1 はじめに

近年、各種産業において労働力不足が深刻化しており、その解決策として既設の環境のなかで動作する自律移動ロボットの導入が期待されている。ロボットの自律移動では自己位置の推定精度が重要となるため、さまざまなアプローチによる推定手法が研究されている。特に SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) という推定手法は、建造物の周辺や屋内での使用に適しており、大きな注目を集めている。SLAM は、周囲の物体の距離や方位などの情報をつなぎ合わせて環境地図を作成し、同時に自己位置を推定する技術である。本研究では、移動台車が SLAM によって作成された環境地図に基づいて自律移動を行うシステムを開発した。

2 システム構成

図 1 に簡略化したシステムの構成を示す。移動台車 (Kobuki) は対向 2 輪駆動で、車輪回転数を計測するエンコーダ、傾きなどを計測する IMU などのセンサーが内蔵されており、天板上部に測域センサー (LiDAR) が搭載されている。測域センサーは回転しながら放射状にレーザーを照射することで、レーザーの照射方向から物体の方位を測定し、同時に反射光を受光するまでの時間差から距離を測定するものである。PC は移動しながら取得するデータをもとに、環境地図の作成と自己位置推定を行い、自律移動のための制御情報を出力する。開発したシステムでは、リモコンによって手動操縦された移動台車で事前に環境地図を作成し、その後、作成した環境地図に基づいて移動台車が自律移動を行う。

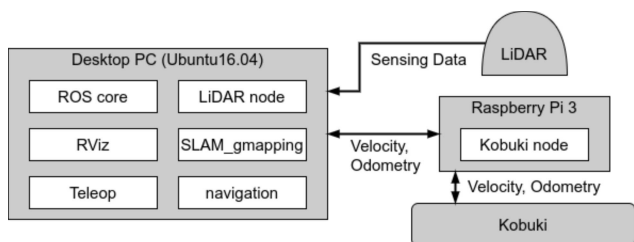


図1 システム構成図

3 実験

実際に作成した環境地図と、その環境地図に基づいて自律移動する移動台車を図 2 に示す。環境地図は工業試験場の一室とそこに隣接する廊下にかけて作成した。自律移動の目的地および到達時の姿勢は PC の画面に表示された環境地図上の任意の地点における矢印の位置と向きで設定した。移動台車は、目的地と壁や障害物の配置から経路を生成し、その経路に基づいて自律移動を行い、期待通りの挙動であることが確認された。



図2 作成した環境地図と目標に接近する移動台車

4 まとめ

測域センサーによる SLAM を利用し、移動台車が環境地図に基づいて自律移動を行うシステムを開発した。本研究で得た知見を今後の自律移動ロボット開発に活用する。

(連絡先: hayashi-shunsuke@hro.or.jp、011-747-2943)

UAVを活用した低コスト森林調査手法の研究

UAVを活用した低コスト森林調査手法の研究（平成30～令和2年度）

産業システム部 ○近藤正一、全 慶樹、藤澤怜央、堀 武司
道総研 林業試験場

1 はじめに

現在、道内人工林では樹木の多くが利用に適した樹齢に達しているが、所有する森林資源量を正確に把握できていない。効率的な森林経営のためには、森林資源量を正確に把握する必要があるが、森林における資源量の把握は、各樹木の太さや高さの計測をしなければならず、多くの人手を要する。

本研究では、森林を UAV で空撮した画像を対象とした深層学習によって各樹木の樹高および直径を推定する森林資源量推定手法を開発した。道内人工林の約 5 割の面積を占めるトドマツ林の空撮画像に開発した手法を適用し、各樹木の高さおよび直径を推定できることを確認した。

2 空撮および毎木調査

道内のトドマツ林 10 か所で UAV による空撮および毎木調査（森林内での各樹木の樹高、直径および位置の測量）を行った。また、空撮画像から深層学習により樹冠（樹木の葉が茂った部分）を推定するための画像データセットを作成した。

3 樹高の推定

UAV により複数視点から森林の撮影を行うことで、各画像の視差から森林の三次元形状を求めることができる。また、地上に測位済みの対空標識を設置することで森林の絶対位置がわかるため、国土地理院で公開されている標高データとの差分を取ることで樹高を推定した。超音波樹高測定器による樹高計測値と比較した結果、二乗平均平方根誤差は 0.88m となった（平均樹高 22.5m）。

4 直径の推定

樹木の直径は樹冠の面積と相関関係があることが知られている。本研究では、空撮画像により樹冠面積を推定しその値をもとに直径を推定する手法を開発した。直径と樹冠面積の関係式は樹種や地域によって変わるため、道内トドマツ林の直径を推定する統計モデルを作成したデータセットから構築した。

樹冠推定には深層学習による画像の領域分割手法である Mask R-CNN を用いた。入力データは、RGB



図1 推定した樹冠の例

画像に各画素の高さ情報を加えた 4 チャンネルとし、16,104 本のデータで繰り返し 10 回の学習を行った。学習に用いていない空撮画像に適用し、樹冠が推定できることを確認した（図 1）。

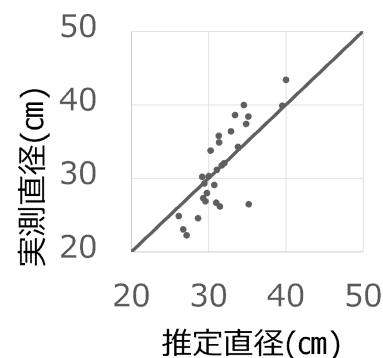


図2 直径推定精度

また、一般化線形モデルを適用したところ、樹冠面積と樹高から直径を推定できることが分かった。森林内で直径計測した直径と比較した結果、二乗平均平方根誤差は 3.2cm となった（図 2）。

5 おわりに

森林の空撮画像から各樹木の樹高および直径を推定する手法を開発した。道内の人工トドマツ林に開発した手法を適用し、各樹木の樹高および直径を推定できることを確認した。本研究成果を用いることで、効率的な森林資源量の把握が可能となる。

今後、精度向上のためのデータセットの構築および実用化に向けた検討を進める予定である。

（連絡先：kondou-shouichi@hro.or.jp、011-747-2946）

アサリ垂下養殖における軽労力化技術の開発

日本海海域における漁港静穏域二枚貝養殖技術の開発と事業展開の最適化に関する研究
(平成28～令和元年度)

産業システム部 ○浦池隆文、今岡広一、材料技術部 鶴谷知洋
道総研 栽培水産試験場・函館水産試験場・中央水産試験場・地質研究所

1 はじめに

日本海海域の漁業生産量および生産額を底上げする新たな漁業振興策の推進が求められている。道総研では、利用が少ない漁港静穏域を活用した新たな養殖事業を創生するため、養殖に適した漁港内環境を解明するとともに、漁港静穏域におけるアサリ等の二枚貝養殖技術を開発し、漁業者にとって魅力ある養殖事業化プランを提案することを目的として総合的な取り組みを行った。

工業試験場は、アサリ垂下養殖の軽労力化に関して、垂下用資材および養殖筏の構造について検討を行い、作業試験により効果の検証を行った。

2 アサリ垂下養殖について

アサリの垂下養殖は、砂利などの基質と稚貝を入れたカゴを海上の筏へ設置することにより行われる(図1)。作業内容および作業時間について調査を行ったところ、養殖開始時の垂下作業と収穫時の引き上げ作業において、ロープの締結・解除に時間を要しており、腰をかがめた姿勢での重労働であることが明らかとなった。このような作業を軽労力化するため、補助具による作業改善と筏の改良を行った。



図1 アサリ垂下養殖作業の様子

3 補助具による作業改善

ロープの締結・解除に要する時間を短縮するため、Cカンと呼ばれる金具を選定し、作業試験を行った(図2)。Cカンは図2のような形状をしており、2個一組で使用する。従来の方法と作業時間の比較を行ったところ、吊り下げ作業で1/10程度、引き上げ作業で1/6程度の時間で済み、大幅な作業時間の短縮が可能となった。

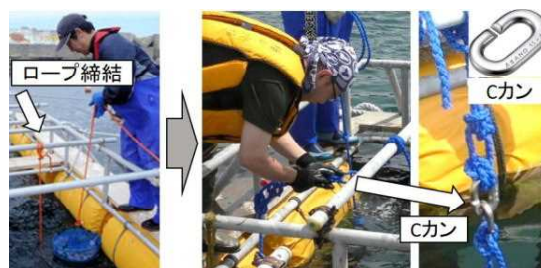


図2 Cカンを使用したロープ締結



図3 小型筏による一連の作業の様子

4 筏の改良

Cカンの使用により作業負担の軽減が可能であるものの、海上に設置した筏上での作業は、腰をかがめた姿勢に起因する身体的負担の発生が避けられない。そこで、筏を小型化しユニッククレーンで吊り上げ可能として、必要な作業を陸上で行う方式を検討し、新たに筏の設計・製作を行った。この筏を使用した実証試験を行ったところ、一連の作業を支障なく実施可能であり、かつ身体的負担の軽減が可能であることを確認した(図3)。

5 おわりに

日本海海域における新たな養殖事業の展開に向けては、工業試験場が取り組んだアサリ垂下養殖の軽労力化技術の他、共同研究機関による他の二枚貝の垂下養殖技術や、養殖に適した漁港の診断等に関する知見が得られた。これらの研究成果をもとに「二枚貝垂下養殖事業化プラン」を作成し、漁業者や漁協へ提案するとともに、生産拡大や販売促進などに向けた取り組みを進める。

(連絡先: uraike-takafumi@hro.or.jp、011-747-2943)

自動調節が可能な重力補償装置の試作

高速かつ安定な重力補償システムの開発（令和元～2年度）

産業システム部 ○伊藤壮生、今岡広一、鈴木慎一、浦池隆文、林 峻輔

1 はじめに

様々な現場で、労働力不足が深刻な問題になっており、自動化が課題解決の方策として推進されている。しかし、完全に自動化することが困難な作業については、人と機械の協働作業が有効である。その一つとして、重量物を運搬する際に作業員への負担を軽減する図1のような自重補償（重力補償）機構が提案・実用化されている。しかし、運搬前に対象物の重量測定や機構の調整が必要なため、重量のばらつきが大きい農水産物を扱う作業現場などでは適用が難しい。そこで本研究では、未知の重量に対する補償力の自動調節が可能な重力補償装置を考案し、その小型卓上実験機を試作し機能や課題の評価を行った。

2 未知重量の自動調節機能の検討

未知の重量に対する補償力の自動調整機能について図2のような簡易な倒立振子を用いて検討を行った。倒立振子がどのような状態であっても自動的に未知重量を推定して補償を行うため、未知の重量を推定しながら制御を行うことのできる適応制御を採用した。その結果、重量の変化があっても倒立振子が動かず、重力を補償していることを確認した。

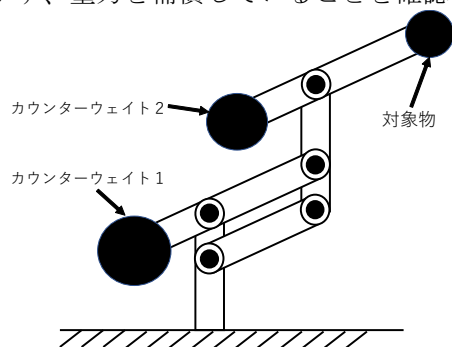


図1 重力補償機構の例

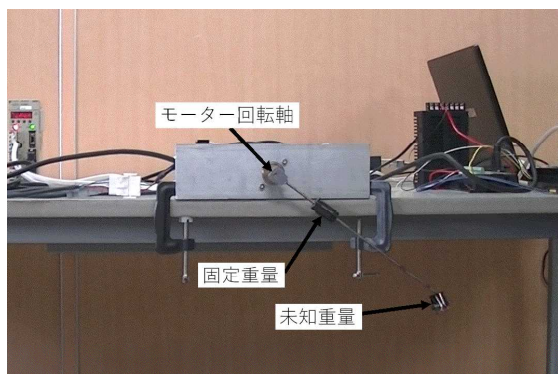
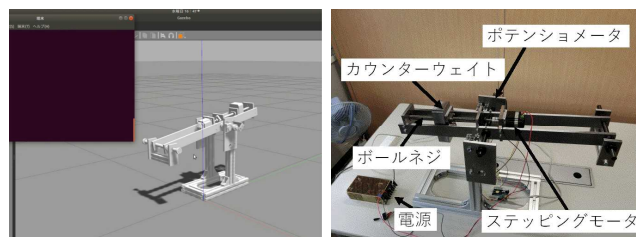


図2 倒立振子による自動調節機能の確認



(a) シミュレーション (b) 実物

図3 試作した小型卓上実験機

3 小型卓上実験機の試作

対象となる重量物の反対側におもりを取り付けることで重力を補償するカウンターウェイト方式の重力補償装置をベースとし、カウンターウェイトの位置を自動調節できるようにした実験機を設計した。それを物理エンジンなどによるシミュレーション（図3(a)）により動作を確認した後に試作した（図3(b)）。重力補償はステッピングモータを駆動させることで、ボールネジに取り付けられたカウンターウェイトを移動させることで行う。また、ポテンシオメータによって回転関節の角度を取得する。

4 小型卓上実験機の動作検証

試作した小型卓上実験機で未知重量の重力補償を行うため、前述の適応制御手法で未知重量を推定し、それに釣り合うようにカウンターウェイトの位置を移動させた。小型卓上実験機で自動調整可能な重量を確認した結果、約200gの重量まで自動的に重力の補償を行うことが可能であることを確認した。

5 おわりに

重量物運搬のための自動調整可能な重力補償システムの開発に向け、小型卓上実験機を試作した。試作した小型卓上試験機の自動調整可能な重量は、装置全体の重量と比較すると小さいため、今後は調整可能な重量の増加を図る。

（連絡先：itou-souki@hro.or.jp、011-747-2943）

破壊や塑性変形を伴う非線形シミュレーション技術

研究職員専門研修（令和元年度）

産業システム部 ○今岡広一

1 はじめに

近年、製品開発の短期化・低コスト化が加速しており、シミュレーションによる検討がより一層重要性を増している。特に、非線形シミュレーションと呼ばれる破壊や塑性変形を考慮した解析技術は、従来の線形シミュレーションでは困難な精密な解析が可能であり、開発期間の短期化と低コスト化の一端を担う技術となっている。本発表では、塑性変形や破壊についてのシミュレーション事例や自動車の乗り上げ挙動の解析事例など、最近の現場での非線形シミュレーションに関する取り組みを報告する。

2 非線形シミュレーションについて

たとえば、金属材料を引っ張った場合、始めのごく初期段階では、その伸びと引っ張る力は比例関係になる線形弾性変形状態にある。その後、これらは比例しなくなる非線形弾性状態や塑性変形状態となり、やがて破壊に至る。通常、この線形弾性変形状態をシミュレーションすることを線形シミュレーションという。一方、非線形シミュレーションでは、この伸びと力が比例しなくなった非線形弾性状態や塑性変形が生じた状態、金属が破壊する状態までも扱うことができるため、より精密なシミュレーションが可能である。

図1、図2に非線形シミュレーションソフトウェアLS-Dynaを用いて行った解析事例を示す。図1は、加

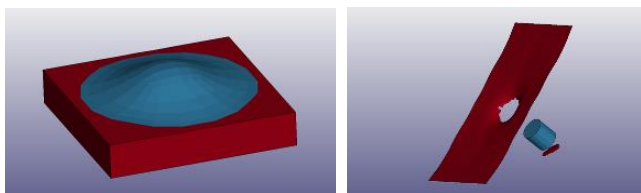


図1 はんだの塑性変形シミュレーション

図2 金属板の破壊シミュレーション



図3 誤発進対策安全車止め「バリア - ピット」
（左が通常時の自立状態、右が車両衝突時）



図4 誤発進対策安全車止めのシミュレーション結果と実験結果の比較

熱されたはんだが金属板に落下した場合の解析事例であり、はんだが塑性変形し円盤状に広がっている様子が確認できる。また、図2は弾丸上の物体が金属板を貫通するシミュレーションであり、金属板が破壊されている様子が確認できる。

つぎに、より実践的な例として現場で行った自動車の乗り上げシミュレーションと実際の実験結果の比較について示す。図3は（株）白石ゴム製作所らと共同開発した可倒式の誤発進対策安全車止め「バリア - ピット」である。これは、アクセルとブレーキのペダル踏み間違いなどで建物への車両突入を防ぐ製品であり、通常は図3左のように自立状態で、駐車の日印として利用できる。車が衝突するとロックが外れ図3右図のようにスロープ状になり、この上に車両が乗り上げることで車の推進力を奪う。この製品について、乗り上げシミュレーションを行った結果と、実験結果の比較を図4に示す。車がスロープに乗り上げている様子や、フロントバンパーの変形、破壊の状態やバリア - ピットの変形が詳細に再現できていることが確認できる。

3 まとめ

本発表では、汎用非線形シミュレーションソフトウェアを用いて得たいくつかの解析結果について報告した。

現場では、今後も非線形現象の精密なシミュレーション技術および解析結果を利用した設計最適化技術の開発・向上に取り組む予定である。

※本取り組みは山梨大学・岡澤重信教授のご協力を受けて行いました。また、誤発進対策安全車止めの実験画像は（株）白石ゴム製作所からご提供いただきました。

（連絡先：imaoka-kouichi@hro.or.jp、011-747-2959）

AIと画像解析によるてん菜の自動受入査定技術の開発

てん菜受入査定業務の自動化のための基礎的検討（令和元年度）

産業システム部 ○藤澤怜央、岡崎伸哉、近藤正一
（一社）北海道てん菜協会

1 はじめに

製糖工場ではてん菜の受入時に混入する土石や腐敗などの割合判別により査定を行っているが、主に目視による判別を行っており熟練の技術が必要とされる。また大量のてん菜を判別することから査定員および立会人の負担が大きく、人手不足の問題からも査定および立会業務の自動化が求められている。

本研究では、（一社）北海道てん菜協会の依頼を受け、目視により行われているてん菜受入査定・立会業務の自動化に取り組んだ。本発表では、AIと画像解析によりてん菜と土石を認識する技術および冠部（糖の含有量が低い部分）や腐敗を判別する技術の開発を行ったので報告する。

2 てん菜・土石の個体抽出

製糖工場において受入査定はコンベア上を流れているてん菜を目視して判別を行っている。本研究では受入現場の作業を妨げることのないコンベアの真上にカメラと照明を設置して撮影を行った。収集した画像からの個体抽出、およびてん菜と異物（土石など）との判別手法の開発を行った。手法として画像向けニューラルネットワークの一種である Mask R-CNN を使い、画像領域の分割および各領域の判別を行った。

学習データとして 208 枚・約 20,000 個のてん菜の領域を手でアノテーションを行い、20,000 回の学習を行ったところ隠れが生じている個体も含め抽出率 86.0%の精度で個体抽出が実現できた。また、

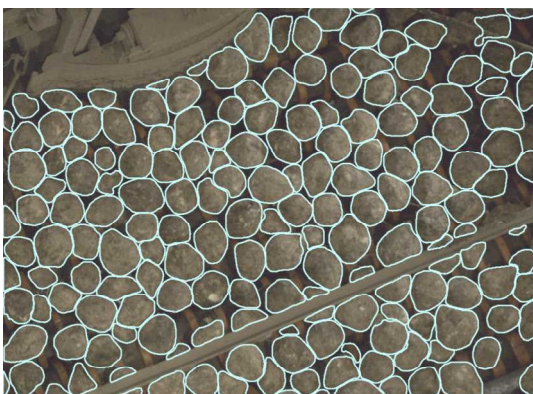


図1 AIによるてん菜個体抽出

全体が見えている個体のみの場合の抽出率は 99.7% となった（図 1）。一方、異物の判別に関してはてん菜に比べ異物のサンプルが少なかったこと、土が付着したてん菜と土石の外観が目視でも判別が困難な程度に類似していたことから、さらに実験データを収集して検討する必要がある。

3 冠部と腐敗の判別

個体抽出されたてん菜画像に対し、画像解析を用いて冠部の割合や腐敗の有無を判別するため、冠部割合や腐敗の有無が既知であるてん菜をを対象として検討を行った。

てん菜画像に対し、画像モーメントを用いた冠部の割合を判定する手法を開発した（図 2）。5 個のサンプルに対して検証を行ったところ、画像上の面積比較において平均誤差 1.5%、最大誤差 2.8%と概ね良好な結果が得られた。

また、カラー画像を RGB 色空間から HSV 色空間に変換し、色相 H と明度 V の比を用いた腐敗判別手法を開発した。実験室で撮影した 60 個の腐敗を有するてん菜（洗浄済み）の画像を用いて検証したところ、目視と同程度に腐敗箇所を判別できていることを確認した（図 3）。

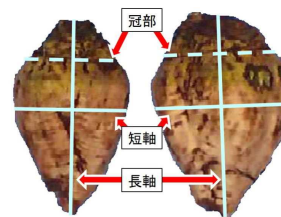


図2 冠部の判別

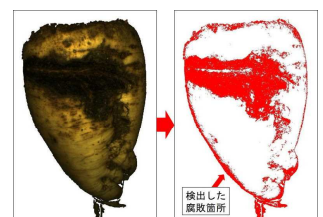


図3 腐敗の判別

4 おわりに

てん菜の画像から個体を抽出する手法および抽出されたてん菜の腐敗や冠部を判定する手法を開発した。土石の判別や洗浄前のてん菜に対する判別等の課題があるが、学習データの拡充や撮影環境の改良によって、改善が見込まれる。今後洗浄前の腐敗等の判定を行うことによって、てん菜の受入査定の自動化に向けて活用を進めていく。

（連絡先：fujisawa-reo@hro.or.jp、011-747-2942）

複数波長の光源を用いたOCT光学系の開発

OCT技術と分光分析技術による計測対象物内部の成分分布計測技術の検討（令和元年度）

産業システム部 ○岡崎伸哉、飯島俊匡
ものづくり支援センター 本間稔規

1 はじめに

光コヒーレンストモグラフィ（OCT）は通常単一の低コヒーレンス光を用いており、光の干渉を利用し、対象物の表面や内部の構造を計測する技術である。一方、分光分析技術は光の吸収を計測することで、対象物に含有する成分の定性・定量分析が可能な技術である。これらの技術はともに対象物からの反射光を利用した光計測技術であることから、同時に計測することができれば、構造と成分の情報が同時に取得可能となる。応用として、たとえば食品等の異物検査における新たな検査手法として活用が期待できる。

本研究では、OCT 技術に分光分析機能を付加することを目的に、複数波長の光源を用いた OCT 光学系と取得データから距離・干渉光強度情報を抽出するデータ解析手法を開発した。

2 複数波長の光源を用いたOCT光学系

OCT 光学系として検出器にマルチチャンネル分光器を用いたスペクトラルドメイン OCT（SD-OCT）方式を採用した。光源には発光波長帯域が重ならない 2 つの光源を用い、それぞれの光束を同一のマイケルソン干渉計に入射させることにより、複数波長の干渉スペクトルを一度に測定可能な光学系を開発した（図 1）。今回は緑色 LED（中心波長 530nm、半値全幅 30nm）と赤色 LED（中心波長 625nm、半値全幅 15nm）の 2 つの光源を用いた。

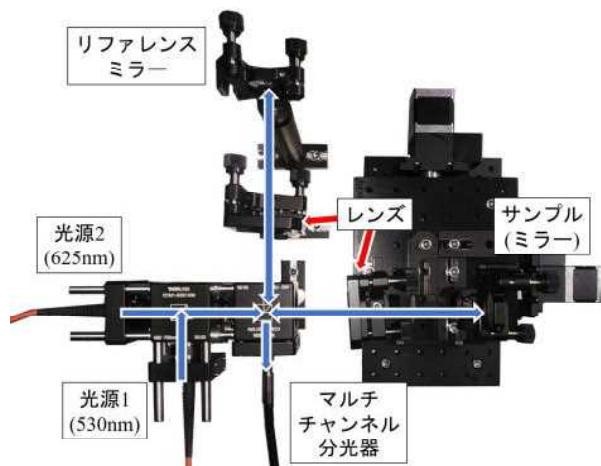


図 1 複数波長の光源を用いた OCT 光学系

3 データ解析手法

一般的な OCT ではピークが 1 つのガウス型スペクトルの光源を用いており、得られた干渉スペクトルに逆フーリエ解析を施すことにより、距離と干渉光強度の情報が取得できる。しかし今回構築した光学系では中心波長の異なる複数の光源を用いるため、スペクトルにピークが複数混在することになる。

そこで本研究では、窓関数を用いて光源毎の干渉スペクトルに分離した上でそれぞれ従来の解析手法を適用したのち、光源毎に算出した距離-干渉光強度情報を合成する、新しい解析手法を開発した（図 2）。各距離における光源毎の干渉光強度は対象物の成分に依存すると考えられることから、構造と成分の情報が取得可能となる。

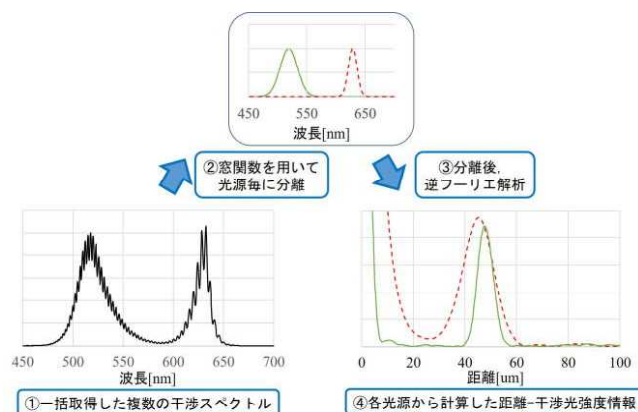


図 2 複数波長の光源に対応したデータ解析手法

4 おわりに

OCT 技術に分光分析機能を付加することを目的に、複数波長の光源を用いた OCT 光学系を開発した。また、そのデータ解析として、光源毎にスペクトルを分離して OCT 解析を行い、距離と干渉光強度の情報を抽出した後に合成するデータ解析手法を開発した。

今後は開発した OCT 光学系において、複数の光源を用いた分光分析の検証を行い、本技術の確立を目指す。

（連絡先：okazaki-shinya@hro.or.jp、011-747-2956）

技術移転フォーラム2020 工業試験場 成果発表会

環境・エネルギー関連技術分野

高灰分バイオマス・廃棄物等の燃料利用

農業用廃プラスチックの地域内資源循環システムの社会実装に係る研究
(平成27～令和元年度)

エネルギー・環境・地質研究所 ○山越幸康、上出光志、富樫憲一、藤澤拓巳、
北口敏弘、丹羽 忍、山口勝透

道総研 十勝農業試験場、林産試験場

(株)武田鉄工所、(株)NERC、芽室町、JAめむろ、とかち財団、
めむろシニアワークセンター、(株)北海道エコシス

1 はじめに

近年、農林産残渣バイオマスや廃棄物等のこれまでに未利用であった地域資源の燃料利用に関心が高まっている。道総研でもこれまでいくつかの農作物残渣等について燃料利用の検討を行っている。それらは、表1に示すように灰分が高く、発熱量が低い。そのため、概ね低品位な燃料となり、そのことが燃料利用に向けた障壁となっている。

本研究では、農林産残渣バイオマスや廃プラスチック等の燃料利用に向けて、収集、前処理、燃料成型、燃焼までの一連の過程について検討を行い、燃料利用のための諸課題を整理するとともに高灰分対応型の燃焼機器などを開発したので報告する。

表1 道内の農作物残渣などの灰分と発熱量

	灰分 ^{※1} (wt%)	高位発熱量 ^{※1} (MJ/kg)
木質(引用値)	0.3	20.1
馬糞(新ひだか)	31.4	14.1
牛糞(新ひだか)	23.8	15.5
鶏糞(新ひだか)	33.1	13.7
ミニトマト茎葉(新ひだか)	14.7	14.3
玉ねぎ鬼皮(訓子府)	27.5	13.1
小豆殻(訓子府)	5.4	16.7
そば殻(訓子府)	2.0	19.1
稲わら(南幌)	11.6	16.5
トマト茎葉(平取)	15.8	14.4
稲わら(北大)	11.1	16.2
小豆殻(北大)	16.6	16.4
トマト茎葉(北大)	15.8	14.4
桑の枝(北大)	2.0	17.8
アスパラ茎葉(北大)	5.4	18.6
アスパラ根(北大)	23.6	15.7
デントコーン茎葉(北大)	7.7	17.4
スイートコーン茎葉(北大)	8.9	17.0
えん麦わら(北大)	6.9	18.5
てん菜茎葉(北大)	17.9	15.2
馬鈴薯茎葉(北大)	17.9	15.1

※1 無水ベース

出展:2008年度ノーステック財団研究開発助成事業成果報告書

2 対象バイオマス等及び燃料の製造

今回の取り組みで対象としたバイオマスは、小豆殻、街路樹剪定枝、流木である。これらに加えて、

表2 成型したペレットの発熱量と灰分

	低位発熱量 ^{※1} (MJ/kg)	灰分 ^{※1} (%)
小豆殻	14.3-14.9	4.8-7.7
小豆殻(95%)+ネット(5%)	16.1-17.1	3.9-7.4
街路樹剪定枝	16.1-17.9	0.1-0.7
流木A	16.8 ^{※2}	1.4
流木A+ネット(10%)	17.6 ^{※2}	2.0
流木B	16.2 ^{※2}	5.7
流木B+ネット(10%)	17.7 ^{※2}	4.5
流木C+ネット(10%)	18.5 ^{※2}	1.7
木質ペレット(参考値) ^{※3}	16.5以上	0.5以下

※1 無水ベース

※2 流木ペレット中の水素含有量を6%として推算

※3 (一社)木質ペレット協会規格値(区分A)

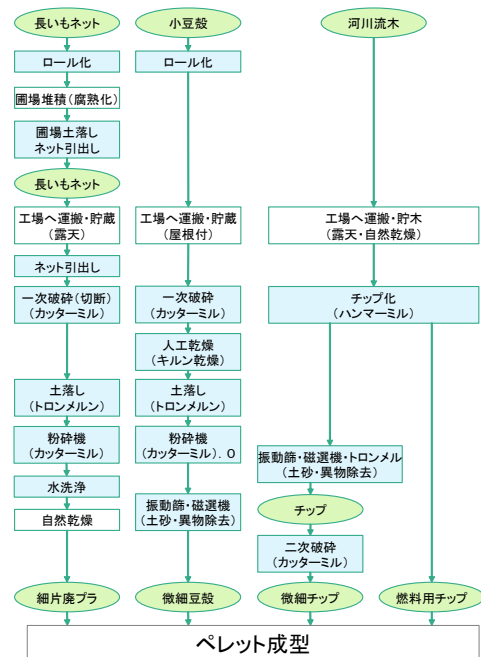


図1 小豆殻、ながいもネット、流木の製造フロー

使用済み長いもネット(ポリエチレン)を使用し、バイオマスとネットの混合ペレットも製造した。

表2に成型したペレットの発熱量と灰分を示す。小豆殻や流木は灰分が多いため、街路樹剪定枝より低い発熱量であったが、プラスチックを混合することで、概ね木質ペレット協会の規格値程度の値となっ

た。

また、小豆殻については数十 t 規模の、流木については数 t 規模の前処理、成型試験を行うとともに実利用で想定される製造フローを作成した（図 1）。

3 ボイラの開発及び燃焼試験

高灰分バイオマス・廃棄物を原料として製造したペレット燃料は燃焼時にクリンカ（燃焼灰が熔融後固化したもの）を生じ易いため、それらをボイラ燃料として使用した場合、安定した連続運転が困難となる。本研究では、燃焼用空気量の制御による排ガス損失の抑制と高温燃焼の維持、炉内の攪拌によるクリンカの成長防止と未燃損失の減少により、小豆殻ペレットのような低品位燃料でも 85%以上の高い熱効率を実現することができた（表 3）。開発ボイラ（図 2）は燃焼バーナ（図 3）と熱交換器で構成される。燃焼バーナにはファンが 3 台設置され、図 4 に示したように各部から一次空気、二次空気、レーキ冷却用空気が送入される。燃焼時には、レーキを回転させ、炉壁のクリンカを掻き取ることで、クリンカの固着を抑制できる。炉内の 3 ケ所で温度、排ガス中の酸素濃度を検知し、自動的に最適燃焼を維持する機構とした。

表3 燃焼試験での熱効率

	炉内設定温度(°C)	熱効率 (%)
小豆殻	900-1000	85
小豆殻(95%)+ネット(5%)	950-1050	84.9
街路樹剪定枝	1100	90.8



図2 開発ボイラ（高灰分対応型バイオマスボイラ）

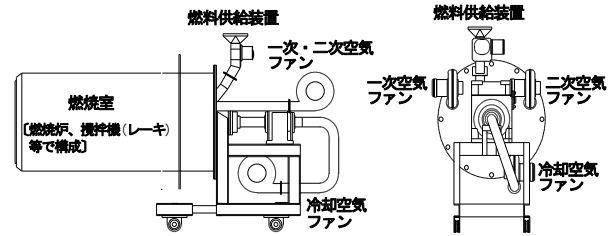


図3 燃焼バーナ（左：側面図、右：正面図）

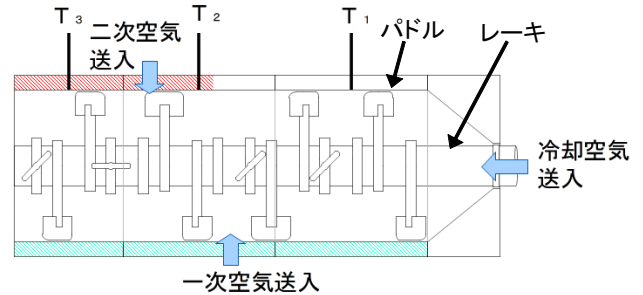


図4 燃焼バーナの内部構造（T: 温度測定位置）

表4 燃焼排ガス測定結果

測定項目	基準値	測定値
一酸化炭素 (ppm)	なし	50以下
窒素酸化物 (ppm)	350	172-223
塩化水素濃度* (mg/m ³ N)	700	12
ダイオキシン* (ng-TEQ/m ³ N)	5.0	0.14

※ 今回の規模のボイラでは、法律の対象外であるためダイオキシン類や塩化水素の基準値はなく、参考値として廃棄物焼却炉の基準値を記載
使用燃料は小豆殻+ネット5%ペレット

燃焼試験時の排ガス性状は表 4 のとおりで、全ての項目で基準値以下であった。また、芽室町新嵐山荘において、のべ 1500 時間の燃焼試験を行い、着火から運転停止まで、バックアップの重油ボイラと協調しながら 2 週間の自動連続運転を行うことができた。

4 まとめ

小豆殻、使用済み長いもネット、流木等の収集、前処理、燃料成型、燃焼までの燃料利用のための一連の工程を整理することができた。また、高灰分対応型のボイラを開発した。開発ボイラは、ペレットの他にチップや RDF など様々な形態の燃料に対応できるように供給装置の改良も行っており、現在、廃棄物燃料等での実利用について検討中である。

（連絡先:yamakoshi-yukiyasu@hro.or.jp、011-747-2949）

海岸流木の燃料化技術の開発

流木の燃料化技術の開発（平成30～令和元年度）

エネルギー・環境・地質研究所 ○富樫憲一、山越幸康

1 はじめに

近年、北海道にも台風の上陸が見られるようになり、それに伴う海岸流木の発生が問題視されている。海岸に放置された流木は船舶が出航する際の障害となることに加え、満潮時に海へと再漂流し船舶や漁網に損傷を与えるなど深刻な被害をもたらすおそれがあり、その予防策として海岸流木の早急な撤去と処理、ひいては有効利用が望まれている。海岸流木の利用法のひとつとして燃料化が検討されているが、塩分を含有する木質を燃焼させる際には、NaCl による燃焼機器の腐食に加えて塩化水素やダイオキシンなど塩素化合物の発生が懸念され、それらによって燃料としての利用が困難となる可能性が想定される。そこで本研究では、海岸流木の塩分含有率を把握した上で、採取した流木と同様の成分に調整した木質試料を用いて燃焼試験を行い、塩分に由来する物質の飛散状況を評価した。

2 海岸流木の採取と塩分含有率の測定

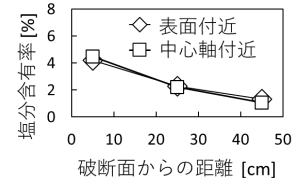
図 1 に、海岸流木の採取を行った砂浜近隣の流木集積所の写真を示す。本研究では、採取した流木を段階的に 600℃まで升温させることで流木内部の塩分のみを抽出する手法を開発し、それによって流木内部の塩分分布を把握した。図 2 に、採取した流木の内部における塩分含有率分布の一例を示す。図より、塩分の含有率は流木の断面から軸方向に徐々に減少していることがわかる。これは、海水が原則的に流木の側面ではなく断面から浸透していくためと考えられる。また、本研究で採取した流木は、すべて 6%以内の塩分を含有していることがわかった。

3 塩分を含有する木質を用いた燃焼試験

海岸流木と同等の塩分を含侵させた木質試料を作成し、600～1000℃に設定した電気炉内で15分間静置して燃焼させた際の塩分の飛散状況を評価した。図 3 に、燃焼試験終了後に試料皿に残留していた固形分の質量分率を示す。塩分を含まない木質はほぼ固形分が試料皿から消失するのに対し、塩分を含む木質を 600℃、800℃の炉内に入れた場合は、試料が含有していた塩分とほぼ同量の固形分が残留していることから、塩分の飛散は起こっていないと考えられる。一方、炉内温度が 1000℃の場合、固形分がほぼ残されていないことから、塩分が周囲環境に飛



図1 砂浜近隣の海岸流木集積所



(a) 採取した流木の写真 (b) 塩分含有率分布

図2 流木の外観と塩分含有率分布の一例

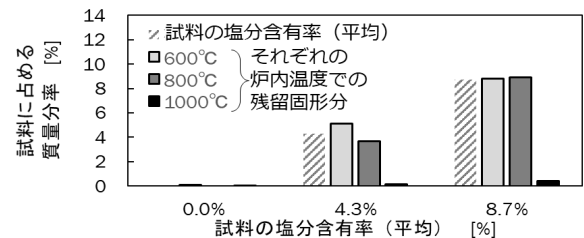
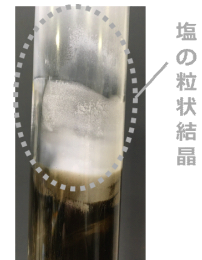


図3 燃焼試験で得られた残留固形分



(a)炉内で発生した白煙 (b)塩が析出した炉壁
図4 目視による塩分飛散の確認（炉内温度1000℃）

散しているものと考えられる。図 4 に、塩分を含む試料を用いた 1000℃の炉内の写真および実験後の炉壁に析出した塩の結晶を示す。この条件に限り写真のように白煙が継続的に観察され、塩分が揮発して飛散している様子を目視でも確認することができた。

4 まとめ

採取した海岸流木は、最大 6%程度の塩分を含有していた。また、塩分を含む木質を 1000℃で燃焼させると、塩分のおよそ半分が揮発して周囲環境に飛散する。現在、次の段階として飛散した塩分由来物質の成分分析を行っている。

(連絡先: togashi-kenichi@hro.or.jp、011-747-2430)

再生可能な電気エネルギーの地域利用に向けた取り組み

再生可能エネルギーを主電源化としたエネルギーネットワークの先行研究（令和元年度）

エネルギー・環境・地質研究所 ○林田 淳、白土博康、産業システム部 藤沢怜央
北海道大学

1 はじめに

道総研では、再生可能エネルギー（以下：再エネ）の地域利用によるエネルギーの安定供給に向けて、バイオガス発電（以下：BG）の需給調整能力を活かした電力エネルギーネットワークの構築を目指す取り組みを開始した。本研究では、北海道内での電気エネルギーの供給、需要並びに調整力の把握および、ベストミックスによる再エネの主電源化技術の先行調査を以下の項目のとおり行ったので報告する。

① 北海道の地域特性の把握

- ・再エネの資源量と発電量の調査
- ・各地のニーズ、需要量及び事業性の調査
- ・寒冷地向け蓄電システムの調査

② ベストミックスによる主電源化技術の先行検討

- ・再エネを主電源とする電力網の安定化に関する調査
- ・社会実装のためのデジタルシミュレーター（以下：DRTS）導入の調査

2 調査結果

2-1 北海道の地域特性

図1に示すとおり、既存のBG発電施設があり、かつ相当量の太陽光発電が期待できる地域を明確にし、ミックスユースが可能な候補地域を絞り込んだ。

候補地域でのヒアリング調査を実施し、再エネ導入に向けた主要課題は系統連系が困難なことであり、地域ニーズはエネルギーと資金の地域循環の両立であると把握できた。また、エネルギー需給モデルを検討する上で、需要量の詳細な時系列データが必要となる。本調査では、上記のヒアリング調査と併せて、事前準備として需要実測の協力依頼を行った結果、実測

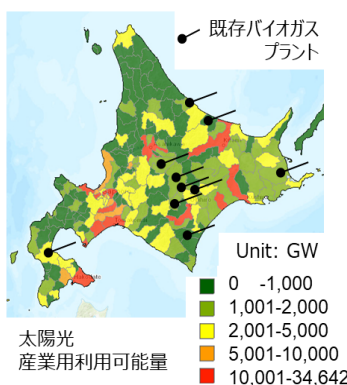


図1 道内の太陽光利用可能量

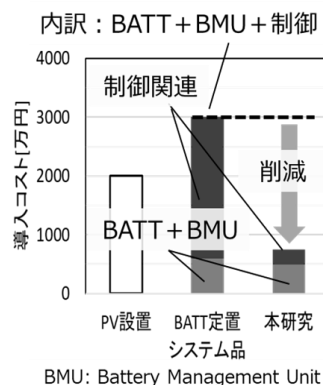


図2 定置型蓄電池の導入コスト内訳

地域の自治体を選定することができた。需要量の実測調査は令和2年度に公募型事業で展開予定である。次に、事業性調査は、有識者へのヒアリングを実施し、バイオガスパラント収支を成立させるには、補助金の活用、売電単価の設定及び消化液の利用を始めとする資源循環など、公共性も考慮した事業モデル構築の必要性を確認できた。

図2に示すとおり、定置型蓄電池（BATT）は、コストが高いことが課題の1つであるが、コスト内訳を整理することで制御関連の費用が高額であることを把握できた。低コスト化を目的に車載電池二次利用の可能性について令和2年度の道総研の研究事業で展開予定である。

2-2 ベストミックスによる主電源化技術

図3に示すとおり、エネルギーネットワーク構築に必要な技術をマップ化し、道総研で研究として取り組むべき技術範囲を示した。また、DRTS メーカーにヒアリング調査を実施し、DRTSがエネルギーネットワークを系統連系する上で事前検証に必要な技術であることを確認した。既存ソフトとの互換性などの要求仕様を満足した製品での精度確認試験を実施し、高精度で実機を再現できることを確認した。

3 まとめ

北海道における再エネの地域特性を把握し、道総研で研究として取り組むべき技術範囲を示した。今後も、地域へのエネルギー安定供給に向けて、関係機関と協力し研究課題を推進していく予定である。

（連絡先：hayashida-atsushi@hro.or.jp、011-747-2960）

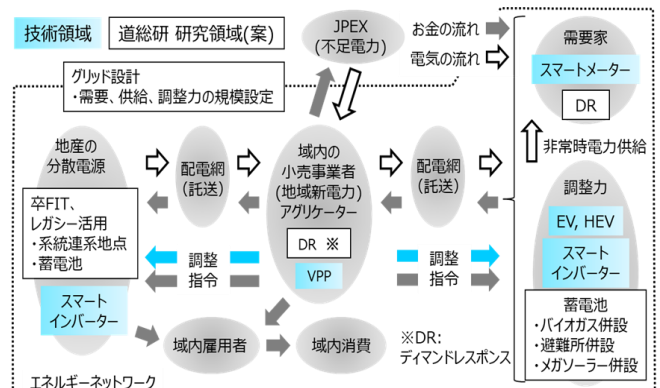


図3 エネルギーネットワークの技術マップ

道産天然資源の高度利用に向けた吸着分離技術の開発

(令和元年度)

材料技術部 ○吉田誠一郎、松嶋景一郎
エネルギー・環境・地質研究所 鎌田樹志

1 はじめに

食品等に供される道産天然資源のエキスは多くの場合、製造過程での加熱等により着色してしまうため、その高度利用は限定的であった。着色の主な原因物質は、エキス原料に元々含まれるアミノ酸やタンパク質が糖類と反応することによって生じるメラノイジンである。メラノイジンの除去には主として吸着材の活性炭が用いられるが、メラノイジンの構造が複雑なため活性炭によって吸着効率が大きく異なるなど、効率的な除去が困難である(図1)。そこで本研究では、メラノイジンの除去効率に吸着材の細孔特性が与える影響を網羅的に評価し、効率的な吸着分離プロセスの設計指針を得ることを目指した。



- 活性炭によって脱色の度合いが違う…
- なぜ脱色の度合いに差があるのか？
- どの活性炭を使えば良いか？
- 活性炭はどれくらい入れれば良いか？

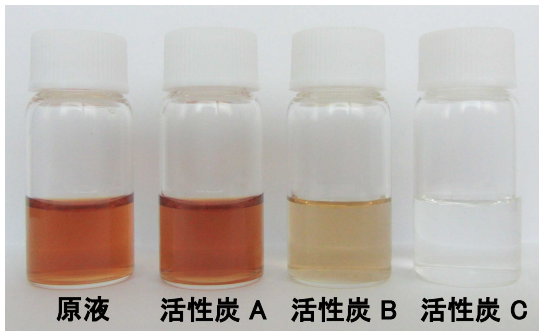


図1 エキスの脱色例

2 モデル吸着実験

基礎的なデータを収集するために、活性炭に対する市販メラノイジンの吸着実験を行ったところ、活性炭によって吸着量(脱色率)の大幅な違いが見られた(図1)。そこで、この結果を活性炭の細孔構造と定量的に比較するために、吸着等温線を Freundlich 型の等温線で近似し、主に吸着容量を表すパラメータ K_F を求めた。 K_F を活性炭のメソ細孔(直径 2~50 nm) 表面積に対してプロットすると明確な直線関係が見られた(図2)ため、メラノイジンは主としてメソ細孔に吸着すると考えられる。

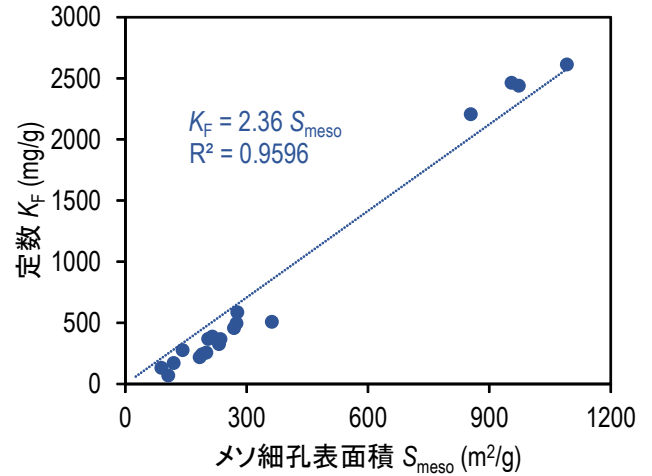


図2 K_F とメソ細孔表面積の関係

3 実際のエキスの吸着実験

実際の天然資源エキスを対象とした吸着実験を行い、その結果をモデル実験と比較した。モデル実験で大きな K_F を示す活性炭は、実際のエキスでも吸着率が高いという結果が得られた。また、その結果を元に、コスト試算に重要な活性炭の使用量の最適化も検討した。

4 メラノイジンの分子量の影響

メラノイジンの分子量が吸着に与える影響を評価するために、既報に基づき合成した分子量の異なるメラノイジンを対象とした吸着実験を行った。メラノイジンの分子量が増加するにしたがって、吸着容量が急激に減少することが判明した。

5 おわりに

メラノイジンをモデルとして、活性炭に対する吸着性能を評価した。その結果、比較的大きな細孔を有する活性炭が、メラノイジンの吸着に適していることが明らかとなった。また、その結果を実際のエキスの吸着実験にフィードバックすることができた。本研究により、メラノイジンに応じて、適切な吸着材やその使用量などの提案が可能となった。

(連絡先: yoshida-seiichiro@hro.or.jp、011-747-2997)

ホタテウロエキスのサケ科増養殖魚への利用

ホタテ未利用資源等を用いたサケ科魚類増養殖魚の質的向上に関する研究
(平成30～令和元年度)

エネルギー・環境・地質研究所 ○若杉郷臣、富田恵一、明本靖広、鎌田樹志、山口勝透
道総研 栽培水産試験場・さけます・内水面水産試験場・釧路水産試験場・
網走水産試験場、(株)カタクラフーズ

1 はじめに

北海道の代表的な水産物であるホタテガイの令和元年の生産量と生産額はそれぞれ 384,000t、729 億円と、本道水産物の 3 分の 1 を占めている。一方、ホタテガイの水産加工にともない有害なカドミウムを含有する中腸腺（以下、ホタテウロ）などの加工残渣が年間約 3 万 t 発生するが、道総研ではホタテウロからカドミウムを除去し遊離アミノ酸が豊富な魚類摂餌促進物質（以下、ホタテウロエキス）を開発し、ハマチやマダイ、クロソイなどで効果を確認した。また、完全養殖マグロ仔稚魚の生残率を大幅に改善することが判明し、道外飼料メーカーがホタテウロエキスを配合したマグロ仔稚魚用配合飼料の発売を開始し、この飼料に関する特許を共同出願した。

一方、日本では生食用養殖サケ類を年間数万トン輸入しているが、近年の価格上昇により輸入量確保が困難になってきている。しかし、本道のサケ科魚類養殖は飼料価格の高騰等により生産量が減少し、秋サケの漁獲量も激減している。この現状から、流通業者や加工業者から本道産サケ科魚類養殖の生産拡大を要望されており、生産魚の品質向上と生産コストの低減に関する研究を進めるとともに、秋サケの回帰率の向上策を検討する必要がある。

そこで、ホタテウロエキス製造コストの削減に取り組むと共に、サケ科魚類へのホタテウロエキス添加飼料の効果を検証した。

2 ホタテウロエキス製造コストの削減

既にエキス製造工程を構築したが、製造コストの削減のため、道内企業（(株)カタクラフーズ）とともに処理工程の省力化と製造量増加の取り組みを行った。エキス化の前処理に用いるウロ破砕機において混入する貝殻破片等で不調となる問題が頻発したが、エキス化方法の見直しにより破砕処理を不要とし、設備の簡略化と省力化を実現した。また、カドミウムを除去する電解工程ではエキスが発泡して泡の除去作業が必要であったが、消泡装置を改善し、飼料添加物に適合する消泡剤を併用することで安定

した消泡処理法を確立し、電解装置の無人連続運転を可能とした。これらの結果、一回あたりのウロ処理量が従来の 400kg から 1,400kg まで増加し、製造コストを削減できた。これらの成果を技術移転し、(株)カタクラフーズからホタテウロエキスの製造販売が開始された。

3 ホタテウロエキスのサケ科魚類への効果

サクラマス幼魚 50 尾（体重 62g）を市販餌料にウロエキスを 0%、2%添加した飼料にて約 6 ヶ月飼育した結果、0%添加区に対し 2%添加区が有意に増重した(図 1)。さらに、サケ稚魚 2,200 尾（体重 0.95g）を市販餌料にウロエキスを 0%、2%、4%添加した餌料にて 22 日間飼育し、増重量などを比較した。その結果、体重は 0%添加餌料区（1.1 ± 0.3g）に対し 4%添加餌料区（1.3 ± 0.3g）は有意に増重し、市販餌料にホタテウロエキスを添加することでこれらサケ科魚類への有効性が確認された。

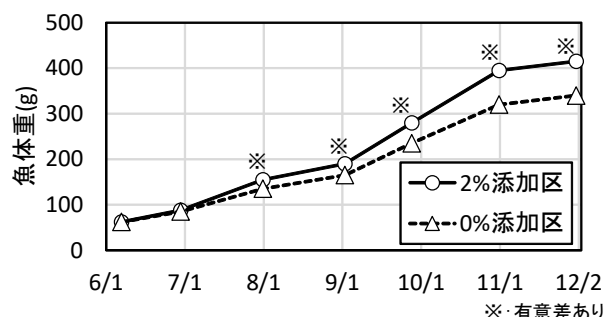


図1 ホタテウロエキス添加飼料によるサクラマス幼魚の成長

4 まとめ

ホタテウロを原料とした魚類摂餌促進物質「ホタテウロエキス」のサケ科魚類への有効性が確認された。今後も引き続き他の水産系廃棄物にも注目した低コストなサケ科魚類養殖用飼料の開発とその効果を検討する予定である。

本研究開発は、北海道循環資源利用促進重点課題研究開発事業により実施した。

(連絡先：wakasugi-motoomi@hro.or.jp、011-747-2938)

排湯熱回収のための流下液膜式熱交換器の性能評価

再生可能熱エネルギーの大量導入に寄与する採熱機器開発のための基礎研究（令和元年度）

エネルギー・環境・地質研究所 ○藤澤拓己、白土博康
(株)ネオクラスター、苫小牧工業高等専門学校

1 はじめに

入浴時のシャワーや浴槽などの排湯は、灯油やガスなどの化石燃料を使用して加温され、使用後も40℃程度の熱を保有しているのにもかかわらず、そのまま排出されている。このような排湯熱を回収して給湯予熱などに用いると燃料費の削減や省エネルギー、環境への影響の低減に貢献できる。本研究では、住宅等のシャワーや浴槽の排湯熱回収に用いる熱交換器の熱交換能力の評価と、実際の利用条件を想定してシャワー利用など短時間入浴時における排湯熱交換器の熱回収量や熱交換効率の評価を行った。また、この排湯熱回収用熱交換器は、高効率とされる流下液膜式の熱交換器であり、本熱交換器を浸漬式として使用した場合との熱交換能力を比較し、その有効性を確認した。

2 流下液膜式熱交換器

図1および図2に、流下液膜式熱交換器の断面図と排湯熱交換器利用イメージを示す。流下液膜式熱交換器は、複数の配管を縦に重ねて配置し、上部から高温流体を薄い液膜状に流下させることで、その高い熱伝達率により配管内の低温流体に熱移動させる高効率な熱交換器である。

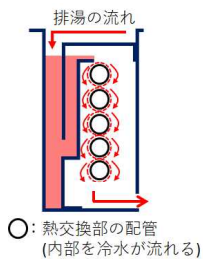


図1 流下液膜式熱交換器

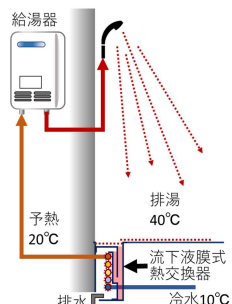


図2 利用イメージ

3 試験方法

試験装置概略図を図3に示す。ヒーター、又はチラーで温水を40℃、冷水を10℃に調整し、冷水を所定の流量で通水した後、試験開始とともに冷水と同じ流量の温水を通水した。シャワーなどの短時間入浴時を想定し、所定の規格にもとづいて、試験開始から規定水量が通水されるまでの約8分間の熱交換効率[%]について、温水冷水の出入口温度[K]と流量[kg/s]から算出した冷水の熱回収量の積算値

[kJ]を、入口温水と入口冷水のエンタルピー差の積算値[kJ]で除して算出した。また、各温度が定常状態になった後の冷水出入口温度[K]と流量[kg/s]の平均値から算出した冷水の熱回収量[kW]を、伝熱面積[m²]と対数平均温度差[K]で除して、熱通過率[kW/(m²・K)]を算出した。熱交換器を浸漬式として使う際には、排湯側の熱交換器出口配管を立ち上げて、空の状態から試験を開始し、図4に示すように熱交換部全体を温水に浸漬させた。

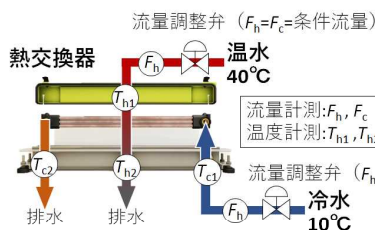


図3 試験装置概略図

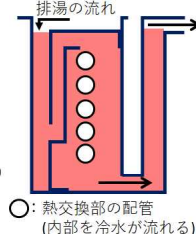


図4 浸漬式で使用した際の熱交換器断面

4 結果と考察

短時間使用時の熱交換効率と定常時の熱通過率を図5に示す。本熱交換器を流下液膜式と浸漬式で使用した場合の熱交換効率と熱通過率を比較すると、どちらも流下液膜式の方が高い数値を示し、流下液膜式が高効率の熱交換方法であると分かった。また、冷水流量が少ない時に熱交換効率の差が大きいことから、シャワー利用時などに流下液膜式が特に有効だと考えられる。この原因は、低流量時、浸漬式では熱交換槽内の排湯温度が低く推移するためと考えられる。

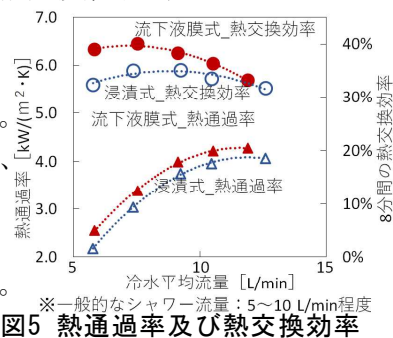


図5 熱通過率及び熱交換効率

5 まとめ

流下液膜式である排湯熱交換器の高い熱交換能力を評価し、省エネに十分有効であることを確認した。本熱交換器を流下液膜式と浸漬式で使用した場合を比較すると、流下液膜式の方が熱通過率、熱交換効率ともに高く、特にシャワーなどの短時間入浴の場合に流下液膜式が有効であることが分かった。（連絡先：fujisawa-takumi@hro.or.jp、011-747-2948）

高温高圧水マイクロ化学プロセスによる糖類の高機能化

道産天然物を高機能化する化学変換プロセスの開発（平成30～令和元年度）

材料技術部 ○松嶋景一郎、吉田誠一郎

1 はじめに

グルコース、セルロースに代表される糖類は、食品、医薬や工業材料など、様々な用途に使用されている。その際には、分子量調整や官能基付加といった化学反応を経て用いられる場合が多く、製品化が進んでる現在も、反応の効率化、あるいは新規機能性物質の開発を目的に、糖類の変換反応に関する研究が盛んに行われている。

一方、持続可能な社会の実現を目指し、環境へのリスクを最小にすると同時に経済的なプロセスを可能とする「グリーンエンジニアリング」の開発が急務となっており、環境調和性を強化したプロセス、及び技術のハイブリッド化などが重要視されている。

高温・高圧水の機能と、微小な流路や空間を利用したハイブリッド技術「高温・高圧水マイクロ化学プロセス」は、反応等の高効率化・高速化を促す環境調和型プロセスとして実用化が期待されている。

本発表では、この次世代技術を用いて開発した糖類の化学変換システムに関して、製品化例、及び研究成果を紹介する。

2 高温・高圧水マイクロ化学プロセス

水は、常温・常圧下では安全な物質であるが、超臨界や亜臨界といった高温・高圧状態になるとイオン積などが著しく変化し、反応性に富んだ物性になる。さらに、それらの物性を温度・圧力条件により連続で変化させることができる。この水の機能と数百 μm 以下の微小な流路を反応場にした連続流通型・高速反応システムが、高温・高圧水マイクロ化学プロセス(HP・HTW- μ CP)である。その概念を図1に示す。

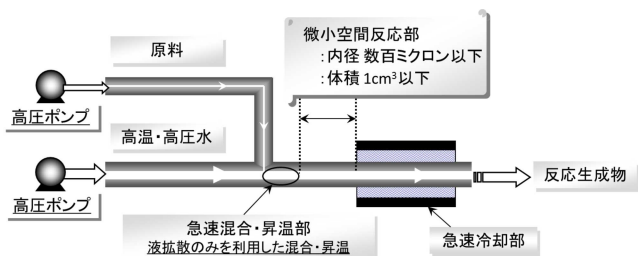


図1 高温・高圧水マイクロ化学プロセス概念図

微小空間の特性から、流体の拡散のみによる混合、反応温度までの急速昇温、および反応を急停止させ

る急速冷却ができる。すなわち、精密な反応時間・温度制御が可能で、これにより副反応の抑制・反応選択性の向上を実現させ、水の高い反応性との相乗効果により、高速・高選択反応を促進させる。

3 製品化例及び研究成果

3.1 多糖の高速・高選択低分子化反応

多糖の中には構成する糖が同じでも結合の仕方によって、あるいは分子量が違うだけで機能が異なるものがある。

生命活動において重要な役割を果たしている多糖「コンドロイチン硫酸(CS)」は、12糖以下のオリゴ糖になると、高分子とは異なる生理活性を発揮する場合があります。医薬品等として商業化が進められているが、製造コストが妨げとなり実現していない。

工業試験場は、丸共水産(株)及び北海道大学と共同で、HP・HTW- μ CPによるCSオリゴ糖の低コスト・大量製造法を開発し、製品化に成功した。設計したCSオリゴ糖生産システムの外観を図2に示す。



図2 コンドロイチン硫酸オリゴ糖生産システム

キトサンなど、他の多糖についても、低分子化を高選択で促進させるラボシステムを開発した。

3.2 グルコースの高機能化

自然界に最も多く存在する安価な単糖「グルコース」の変換反応を検討し、バイオ燃料や、PETに代わるバイオポリマー原料などとして期待されている5-ヒドロキシメチル-2-フルフラールの連続合成プロセスを開発した。

4 おわりに

HP・HTW- μ CPを用いて開発した環境調和型・高効率プロセスにより、天然由来糖類から高付加価値素材を製造する技術を紹介した。この技術は、糖類以外の天然化合物の高機能化にも応用可能である。

(連絡先: matsushima-keiichiro@hro.or.jp、011-747-2997)

機能性素材カーボングルを用いたプロセス開発

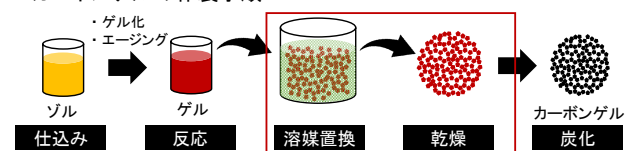
カーボングルをモデル吸着剤とした液相吸着のメカニズム解明（令和元～2年度）

材料技術部 ○吉田誠一郎、松嶋景一郎

1 はじめに

機能性素材カーボングル (CG) は、エネルギーやファインケミカルの分野で注目されている多孔質炭素材料である。CG の製造法を図 1 に示す。

● カーボングルの作製手順



● 溶媒置換:ゲルの乾燥による細孔の消失を防ぐ

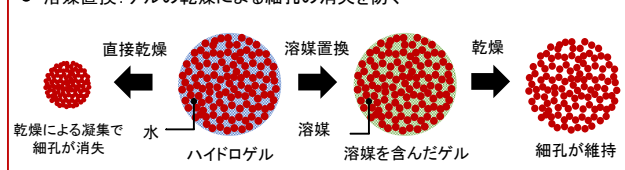


図1 カーボングルの製造方法

フェノール類化合物とアルデヒド類化合物を水溶液中でゾルゲル反応により縮重合させ、前駆体となるハイドロゲルを合成する。得られるゲルは 3 次元の網目構造を有しており、合成後の乾燥工程、及び炭化工程を制御することで、その網目構造に由来する細孔構造を持った多孔質材料が製造される。

CG のユニークな特性は、前駆体ゲルを合成する際の触媒量を調整することで、細孔となる網目のサイズと分布状態を自在に設計できる点である。

本発表では、凍結乾燥により得られるカーボククリオゲル (CCG) をモデルに、液相分離プロセス設計のための吸着特性を評価した研究事例と、超臨界乾燥と粉体プロセス技術により製造されるカーボニアロゲル粉末 (CAGP) の開発事例を紹介する。

2 液相吸着のモデルへの応用

CCG の細孔構造を変えて、いくつかの色素を対象とした液相吸着試験を実施した。得られた吸着等温線から、色素の最大吸着容量を求め、それぞれの色素が吸着できると考えられる細孔の積算表面積に対してプロットすると、明確な直線関係が得られた (図 2)。この結果から、CCG をモデルに液相吸着プロセスを設計できる可能性が示された。

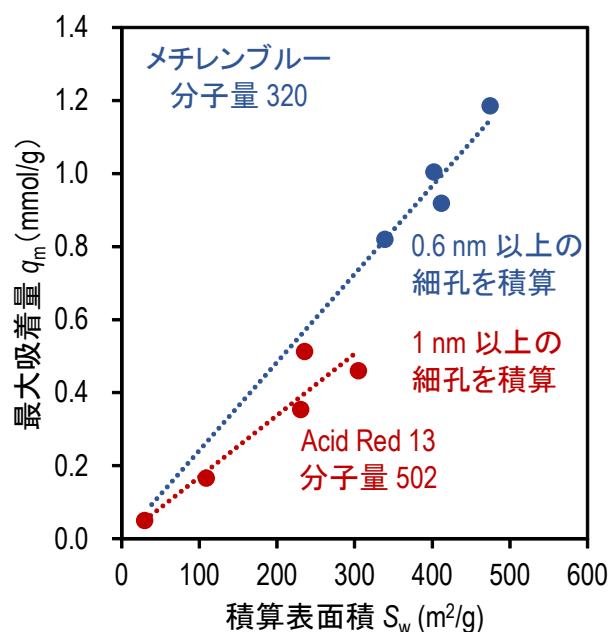


図2 CCG の表面積と色素の吸着量の関係

3 精密設計された細孔を有する微粉末の製造

多孔質材料の機能の向上には、細孔の大きさや均一性が重要となる。また、微粉末であることは、機能向上だけでなく、用途に応じて様々な形態に加工する際にも有用となる。しかし、細孔構造を精密に設計できる CG を粉砕し微粉末にすると、網目構造に由来する細孔構造が崩壊してしまう。

この問題に(株)エクオス・リサーチと共同で取り組み、直径 3 ~ 30 nm の範囲でシャープな細孔分布を持ち、且つ平均粒子径 1.0 μm まで微粒化・粒度調製可能な CAGP の製造法を開発した (特許第 4728142 号)。

4 おわりに

カーボングルは、細孔や粒子径といった粉体特性を制御可能なユニークな機能性素材である。分離吸着や触媒反応など、高機能工業材料として様々な分野への応用が期待できる。

謝 辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP19K20478 の助成を受けたものです。

(連絡先: yoshida-seiichiro@hro.or.jp、011-747-2997)

ライムケーキおよび貝殻による坑廃水処理の検討

石灰質未利用資源の休廃止鉱山対策への利用可能性に関する検討（平成30～令和元年度）

エネルギー・環境・地質研究所 ○富田恵一、若杉郷臣、明本靖広、阿賀裕英、福田陽一朗、丹羽 忍、大塚英幸、鈴木啓明、山口高志、仮屋 遼、野呂田晋

1 はじめに

休廃止鉱山の坑廃水処理に関して、中和剤として使用されている炭酸カルシウム（石灰石）の費用が高んでいる。一方、石灰質未利用資源としてライムケーキやホタテ貝殻は、依然として埋め立て処分されているものもあり、これらを上記中和剤として活用できれば産廃埋立量削減にもつながる。しかしながら、石灰質未利用資源に含まれる有機成分等が坑廃水処理水の水質に及ぼす影響については知見がない。本研究では、中和処理時の石灰石粉の代替品としてライムケーキを用いた試験および中和処理前段でのpHの上昇を目的とした貝殻による坑廃水の中和試験を行い、重金属除去効果、除去への影響が考えられる坑廃水のヒ素の化学形態、処理水へのリンや窒素、有機物等の溶出について評価した。

2 実験

2.1 ライムケーキによる坑廃水の中和試験

道内の実鉱山坑廃水を用い、炭酸カルシウムの全量を道内製糖工場から排出されたライムケーキに代替して中和試験を行った。現在行われている処理と同様 pH6.0 になるまで攪拌しながら、ライムケーキを 4%スラリー形態で添加中和し、さらに水酸化カルシウムを添加して pH7.5 まで上昇させ、沈殿を生成させた。さらに高分子凝集剤の添加により生成した沈殿を沈降させ、上澄みについて重金属やリン等の定量を行った。

2.2 貝殻による坑廃水の現地中和試験

水槽内に有姿のままのホタテ貝殻 24.5kg をかごに入れて設置し、約 1 ヶ月にわたって流速 10L/min で実坑廃水を供給しオーバーフローさせた。水槽内はポンプにより水流を発生させて貝殻との接触を促進させた（水流浸漬試験）。数日ごとに流入および流出水を採取し pH 等の測定を行った。

3 結果と考察

3.1 ライムケーキによる中和試験

ライムケーキによる処理前後における液の分析結果を表に示す。これより、COD、BOD、全窒素、全リン、鉛に関しては処理水は一律排水基準を満たし

た。鉄(II)、ヒ素については、11/25 採水坑廃水では基準を満たしており、ライムケーキの中和剤としての利用可能性が見いだされたが、11/5 採水坑廃水では排水基準を満たすことができなかった。このときの原水のヒ素は 6.4mg/L の約半分が III 価であり還元性の高い状態になっていると考えられる。現地の坑廃水は、攪拌槽などにより十分酸化させることで、ヒ素を排水基準値未満まで安定的に処理していることに対し、本実験では酸化が不十分で鉄の酸化による水酸化鉄の沈殿生成およびヒ素の共沈が不十分だったと考えられ、酸化条件を現地と同様にすることにより、ライムケーキでもヒ素・鉄を安定的に基準値未満にできる可能性がある。

表 坑廃水中和試験前後の水質分析結果

	一律排水基準	2019/11/5採水、翌日試験		2019/11/25採水、翌日試験	
		原水	処理水	原水	処理水
pH	5.8~8.6	1.93	7.30	1.93	7.24
COD (mg/L)	160mg/L (日間平均 120mg/L)	-	5.9	-	12
BOD (mg/L)	160mg/L (日間平均 120mg/L)	-	25	-	16
全窒素 (mg/L)	120mg/L (日間平均 60mg/L)	0.46	3.4	0.46	2.7
全リン (mg/L)	16mg/L (日間平均 8mg/L)	0.10	0.42	0.39	0.29
鉛 (mg/L)	0.1	0.17	0.024	0.19	0.018
ヒ素 (mg/L)	0.1	6.4	0.36	6.1	<0.002
全鉄 (mg/L)	-	264	46.8	245	12
鉄(II) (mg/L)	10	199	26.6	144	9.52

3.2 貝殻による中和試験

ホタテ貝殻による水流浸漬試験での pH 変化の結果を図に示す。実験開始から 10 日～15 日程度は流出水の pH が 0.2 程度上昇していることがわかったことから貝殻による中和剤の削減可能性が認められた。

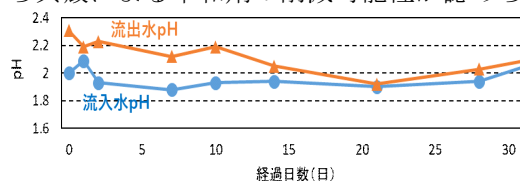


図 ホタテ貝殻による水流浸漬試験結果

4 まとめ

坑廃水中和処理に対してライムケーキや貝殻の利用について検討した結果、リン等の溶出も基準値以内であり、処理効率、酸化条件などの各種課題が判明するとともに、利用可能性も確認できた。

(連絡先: tomita-keiichi@hro.or.jp、011-747-2936)

技術移転フォーラム2020 工業試験場 成果発表会

材料関連技術分野

環境に優しい産業機械部品用洗浄装置の開発

大型産業機械部品のメンテナンスに向けた環境調和型洗浄技術の開発
(平成30～令和元年度)

材料技術部 ○坂村喬史、米田鈴枝、齋藤隆之、飯野 潔
中嶋快雄、高橋英徳、可児 浩
ものづくり支援センター 宮腰康樹、板橋孝至
北海道大学、HUGパワー(株)

1 はじめに

道民の暮らしや仕事を支える電力の発電機、船舶などの輸送機械で使用される電動機及び内燃機関など、大型産業機器のメンテナンス関連企業は道内で170社以上あり、これらのメンテナンス現場において共通する重要な課題は洗浄工程の省力化と環境負荷の軽減である。特に内燃機関部品のススや電動機部品のワニス及び塵埃の洗浄工程では、大量の有機溶剤が用いられ、ジェットタガネ、グラインダー、金ブラシなどを用い手作業で行われており、作業環境の改善、将来的な人手不足への対応を図るため、省力化可能な環境調和型洗浄技術の開発が強く要望されている。

本発表ではいくつかの環境調和型の洗浄技術の中から、半導体用精密洗浄技術である蒸気二流体洗浄に着目し、メンテナンス現場で最も苦勞しているスス汚れに対応するための洗浄の諸条件とハイパワー化や専用グローブボックス型の装置開発について報告する。

2 汚れの分析および模擬汚れ試験片の作製

洗浄実験に供する模擬汚れ試験片を作製するために、内燃機関部品のC重油由来のススを採取し分析を行った。SEM-EDSやラマン分光分析を用い、その成分は炭素が主体であり、その炭素の化学状態はカーボンブラックに近い状態であることが確認された。

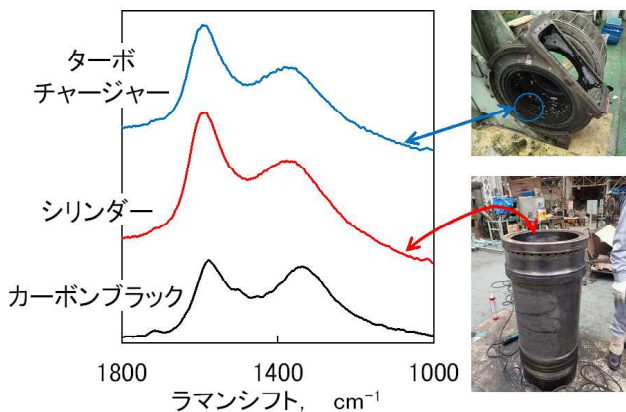


図1 各エンジンパーツのスス汚れとカーボンブラックのラマンスペクトル

その際のラマンスペクトルを図1に示す。さらにTG/TDAを用い汚れ中のススの割合を分析し、その結果をもとに洗浄実験で用いる模擬汚れ試験片を作製した。C重油スス模擬汚れ試験片は、C重油とカーボンブラックを重量比9:1で混合したものを鋼板に塗布し炉にて250℃、1h乾燥させ完成させた。

3 X軸テーブルを用いた洗浄実験および結果

図2(a)に蒸気二流体洗浄装置の外観写真を示す。蒸気と水の流体を専用ノズルから混相流化させて高速で噴射する方法である。この際の蒸気と水の蒸気割合などの条件が重要であり、本研究では蒸気圧0.5MPa、ノズルと汚れ試験片の距離を5mmとし、添加する水量を0, 250, 500ml/minを変えて、水の添加量が及ぼす洗浄力の影響を調査した。洗浄力の評価はX軸テーブルを用い0.1mm/secの速度でノズルを走査し洗浄を行い、洗浄後の汚れの除去面積から評価した。その他に高速度カメラにて蒸気二流体の噴射の様子の撮影を行った。

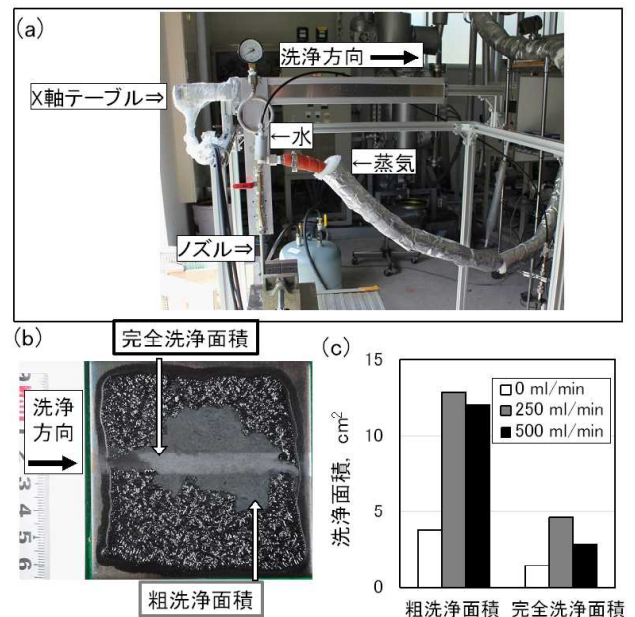


図2 (a) 自動X軸テーブル洗浄装置の外観写真、
(b) 洗浄後の模擬汚れ試験片の外観写真、(c) 各水量における洗浄面積のグラフ

洗浄後の試験片の外観写真を図 2(b)に示す。洗浄箇所は金属素地が現れ、その周辺部では汚れの剥離がみられるが、素地上に薄く汚れが残っている。ここで金属素地まで達した面積を完全洗浄面積、周辺の薄い汚れが残存している箇所を含むすべての箇所を粗洗浄面積として、添加水量と洗浄面積の関係を図 2(c)に示す。図 2(c)より添加水量が 250ml/min のとき双方の洗浄面積においても高い値を示し、洗浄力が高いことが分かる。

ここで添加水量が洗浄面積に影響を及ぼした原因を調査するために、高速度カメラを用い蒸気二流体の噴出の様子を撮影した。図 3 に添加水量が 250 ml/min と 500 ml/min のときの高速度撮影の写真を示す。こちらの写真は 50000 fps で撮影した動画から抜粋した連続写真である。写真上部にあるノズルから蒸気二流体が噴出していることが、黒い影として観察できる。その流体の噴出方向を図中に実線の矢印で示している。洗浄面積が最も大きかった添加水量が 250 ml/min のときは、流体が直線的に噴出して、それが連続的に安定していることが観察される。しかし、500 ml/min のときは直線的な噴出が安定せず、断続的に発散する様に噴出していることが確認され

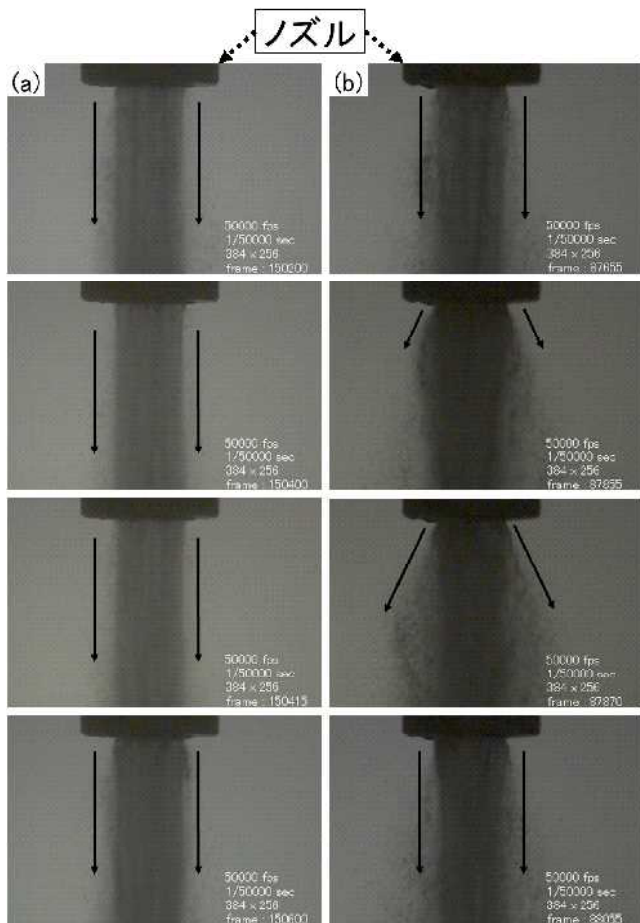


図3 高速度カメラ撮影による蒸気二流体の噴出の様子、(a) 添加水量：250ml/minのとき、(b) 添加水量：500ml/minのとき

た。このように添加水量が多くなることで噴出が不安定になることで洗浄面積に影響したと考えられる。

4 3Dプリンターを用いたノズルの試作およびグローブボックス型洗浄装置の開発

前説では、精密洗浄用の二流体ノズルを使用して実験を行ったが、大型産業機器用の洗浄装置を開発するためには、より高出力化させる必要がある。ここで 3D プリンターを導入し、複数のノズル形状を設計・試作、および蒸気流量の計測などの結果をもとに蒸気噴出時のエネルギー損失が最も低減する形状を模索した。図 4(a)に開発したノズルとグリップを合わせたハンドガンの外観写真を示す。この 3D プリンター製の新型ノズルでの洗浄実験では前節の結果と比較して 3 倍以上の洗浄面積が得られた。さらにグリップも 3D プリンターにて試作し、握りやすい太さとなるよう設計し、電磁バルブを開閉スイッチを取り付け動作においては作業に支障が無いことを確認した。図 4(b)に洗浄作業を安全に行うために開発したグローブボックスの外観写真を示す。このグローブボックスの窓には曇り防止のため親水フィルムを貼り、背面にはファンを取り付け蒸気を逃がすように製作した。このグローブボックスを用いた洗浄実験では、視界も良好に洗浄ができ操作性に優れており、また汚れの飛び散りや蒸気を浴びることなく安全に洗浄作業を行うことができた。

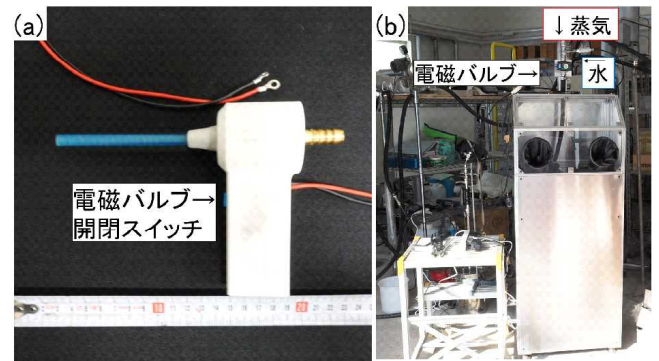


図4 (a) 電磁バルブ開閉用ハンドガン、(b) 開発したグローブボックス型蒸気二流体洗浄装置

5 まとめ

C 重油スス模擬汚れに対して二流体洗浄を行った結果、十分な洗浄効果が得られたことが確認できた。

蒸気二流体洗浄を蒸気圧 1MPa に対応可能な新型ノズルとハンドガンを 3D プリンターにて試作した。また安全性と操作性に優れたグローブボックス型の専用装置の開発を行った。

(連絡先：sakamura-takasi@hro.or.jp、011-747-2979)

道産バイオマス資源のナノファイバー化および特性評価

バイオマスファイバーの解繊および特性評価に関する研究（平成30～令和2年度）

材料技術部 ○瀬野修一郎、可児 浩、山岸 暢、大市貴志
吉田昌充、松嶋景一郎、吉田誠一郎

エネルギー・環境・地質研究所 鎌田樹志

1 はじめに

バイオマス由来のセルロースやキチンをナノサイズに解繊したバイオマスナノファイバーは、ポスト炭素繊維として大変注目されている新素材である。

道内には、その原料となるセルロース資源（木材、農業残渣など）やキチン資源（カニ殻、エビ殻など）が豊富にあり、高付加価値な産業利用が期待されている。しかしながら、道内の各種バイオマスファイバー資源をナノ解繊し、そのナノファイバー特性を系統的に評価した例はほとんどない。

そこで、各種原料（トドマツチップ、ビートパルプ、ポテトパルプ、ズワイガニ殻）由来のナノファイバー特性を把握するため、ナノファイバー化およびその特性評価（粘度特性、機械的特性）を行った。

2 各種原料のナノファイバー化

セルロースおよびキチン以外の主な成分（セルロース系原料はヘミセルロース・リグニン、キチン系原料はタンパク質・炭酸カルシウム）を除去したトドマツチップ、ビートパルプ、ポテトパルプ、ズワイガニ殻を用いて固形分濃度が 0.8wt% となるように懸濁液を作製し、石臼式磨砕機（スーパーマスコロイダー MKCA6-2、増幸産業(株)）を使って湿式解繊処理によるナノファイバー化を行った。電界放出形走査電子顕微鏡により解繊処理後繊維の形態観察を行ったところ、いずれの原料においても数十～数百 nm 幅の繊維が観測されており、各種原料のナノファイバー化を確認することができた。

3 粘度特性評価

各種原料由来の 0.8wt% ナノファイバー懸濁液の粘度を B 型粘度計 (RV DV-IP、英弘精機(株)) を使って評価した (図 1)。ナノファイバーの特徴であるチキソトロピー性（高回転数で粘度が低下する特性）が観測され、ビートパルプやズワイガニ殻由来のナノファイバーは特にその特徴が顕著で、原料によって差異があることがわかった。

4 機械的特性評価

各種原料由来の 0.2wt% ナノファイバー懸濁液の吸引ろ過により作製したシートを風乾し、比強度評価

用サンプルを得た。紙の規格 (JIS P8113) を参考に実施した引張試験の結果を図 2 に示す。ほとんどの原料において解繊することで比強度が上昇したが、その値は原料によって異なっており、トドマツチップ由来のナノファイバーが最も高い値となることがわかった。

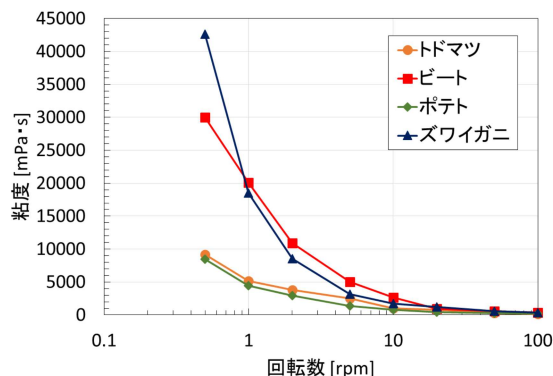


図 1 0.8wt%懸濁液の粘度特性

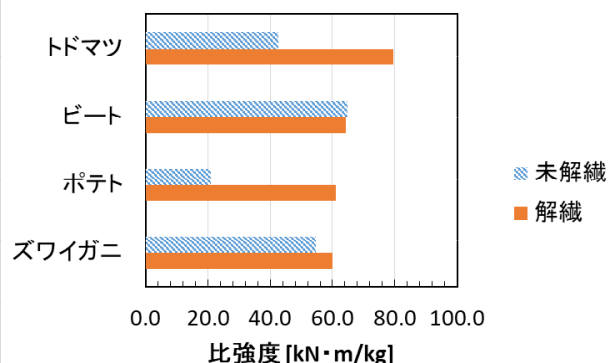


図 2 ナノファイバーシートの比強度

5 まとめ

道産各種バイオマスを適切な精製・解繊処理によりナノファイバー化し、特性評価（粘度、機械的特性）を行った。その結果、原料によりその特性に差異があることがわかり、活用する用途の要求特性によって原料の適性があることが示唆された。

謝辞

本研究を実施するにあたり、京都大学生存圏研究所矢野教授を始め研究室の皆様、京都市産業技術研究所の皆様には多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

(連絡先: seno-shuuichirou@hro.or.jp、011-747-2931)

メロン船便輸出における鮮度保持技術への調湿材の適用

素材・加工・流通技術の融合による新たな食の市場創成（平成27～令和元年度）

材料技術部 ○野村隆文、森 武士、山岸 暢
道総研 花・野菜技術センター

1 はじめに

道産メロンは、海外でも評価が高く、重要な輸出品目として注目されている。現在、航空便を利用して輸出されているが、輸出量の拡大には輸送コストの低減が必要である。船便は航空便よりもコストを低減できるが、輸送時間を多く要するため、輸送中の品質低下が問題となっている。近年、注目されている MA 包装は、青果物周辺を高二酸化炭素濃度、低酸素濃度に制御することで青果物の呼吸を抑制し、鮮度を保持する技術である。しかし、使用環境によっては包装内の結露発生が青果物表皮のカビ発生や腐敗要因となる。そこで、MA 包装内に、道産天然調湿材を施用し、メロン蔵置試験及びシンガポール向け船便輸出試験を行い、調湿材による結露防止効果を検討した。

2 メロン蔵置試験による調湿材の性能評価

東南アジア圏で比較的輸送日数の長い（所要日数約 3 週間）シンガポール向け船便輸出に供する調湿材の可能性を把握するため、メロン蔵置試験を実施した。

貯蔵温度は 3℃、貯蔵期間は 3 週間、MA 包装は Xtend (stepac 製)、調湿材は稚内層珪質頁岩（粒径 2.5-8mm）、メロン

は JA きょうわ産のレッド 113 を用いた。調湿材は不織布袋に入れ、メロンのつるに吊り下げて設置した（図 1）。



図 1 調湿材の設置状況

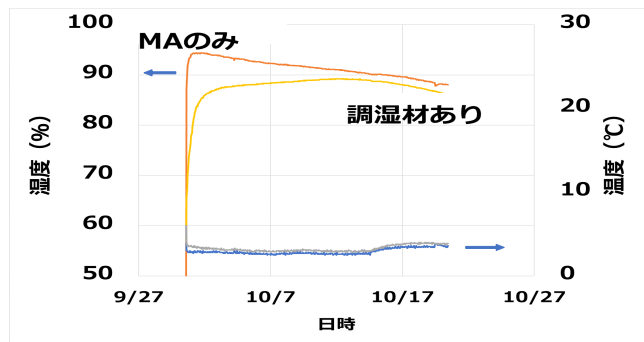


図 2 メロン蔵置試験の MA 包装内温湿度

MA 包装内温湿度は温湿度データロガーで記録した。貯蔵メロンの評価は外観観察と品質評価（糖度、果肉硬度）を行った。

図 2 に MA 包装内温湿度の経時変化を示す。調湿材ありの MA 包装内湿度は、MA のみと比べて約 5～10%低下することを確認した。MA のみでは MA 包装面に結露が発生したが、調湿材ありでは結露は認められず、メロンの品質も問題はなかった。

3 メロン船便輸出試験による調湿材の性能評価

メロン蔵置試験と同じ設置条件でシンガポール向けメロン船便輸出試験を実施した。

図 3 に MA 包装内温湿度の経時変化を示す。調湿材ありの MA 包装内の相対湿度は調湿材なしと比べて低い湿度で推移した。特にコンテナへの積替えなどの急激な温度変化に伴う湿度上昇を抑制していたことから、輸送時の結露防止に有効であることを確認した。

メロンの外観観察から、調湿材なしでメロン表皮及び MA 包装内に大量の結露発生が認められたのに対し、調湿材ありでは、一部の MA 包装面に若干の結露が認められたが、メロン表皮に結露の発生はなく、調湿材の有効性を確認した。

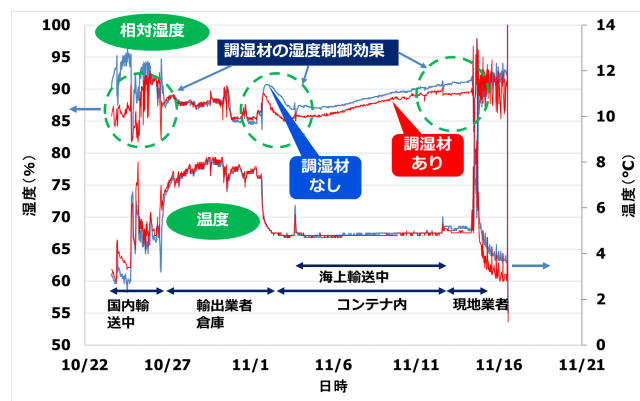


図 3 メロン船便輸出試験の MA 包装内温湿度

4 おわりに

道産天然調湿材（稚内層珪質頁岩）を MA 包装内に設置することで結露防止に有効であることがわかった。今後は調湿効果の向上と現場で使用しやすい形態を検討し、実用化技術の確立を目指す。

（連絡先：nomura-takafumi@hro.or.jp、011-747-2362）

調湿材を効率よく開発できるシミュレーションの開発

熱湿気同時移動解析を活用した調湿材の開発と使用条件の最適化（平成30～令和元年度）

材料技術部 ○森 武士、執行達弘、野村隆文

1 はじめに

調湿材は、水蒸気の吸脱着により、空間の湿度を制御できる材料であり、建材に限らず、農業や機械分野でもニーズがある。一方、その開発には、ラボ試験での試行錯誤が避けられず、多大なコストと労力を要する。本研究では、調湿材の効果を予測するシミュレーションを開発し、調湿材を効率よく開発する手法を確立した。

2 開発したシミュレーションの概要

建材向けの調湿材の効果を予測するためのシミュレーションはすでに開発されており、その一部は製品化されている。これに青果物（メロン）から出る水蒸気の量を計算するプログラムなどを追加し、メロンの鮮度保持に適した調湿材を探索できるように改良した。シミュレーションにより、包装資材内部の温湿度分布を計算することができる（図1）。

計算方法の妥当性については、ステンレス箱を用いた実験（温度応答法）において、箱内の湿度変化を実測し、シミュレーションで求められる計算値と比較した。両者の湿度変化は概ね一致しており、精度よく計算できていることがわかった（図2）。

3 青果物の鮮度保持への応用

メロンの貯蔵時には、蒸散や急激な温度変化などにより包装資材内部に結露が発生する。これを防止できる調湿材を探索した。

水蒸気吸着挙動の異なる調湿材 A, B, C のいずれかを箱の中心に置き、25°C から 3°C に急冷した後の包装資材内の湿度分布を計算した。調湿材 A, B の場合、メロン周辺の空気の湿度は 75%以下と低く、過乾燥な状態であった。一方、調湿材 C の場合はメロンにとって適湿（約 90%）な状態になっていた（図3）。

この条件をもとに実験を行ったところ、湿度は 92% に収束しており、シミュレーションの計算結果にほぼ一致していた。1 回だけの実験で調湿材 C が有効であることを見出すことができ、シミュレーションを用いた調湿材の探索が有効であることがわかった。

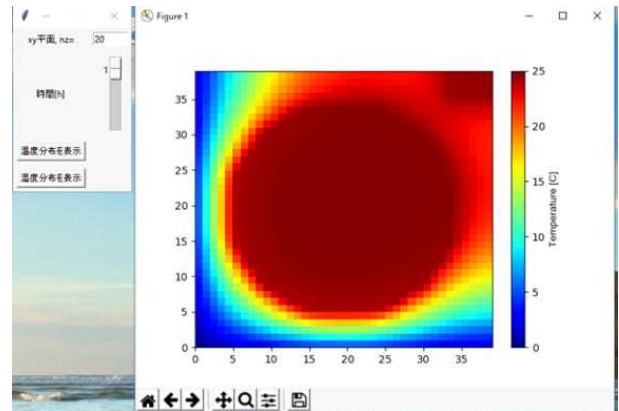


図1 開発したシミュレーションプログラム

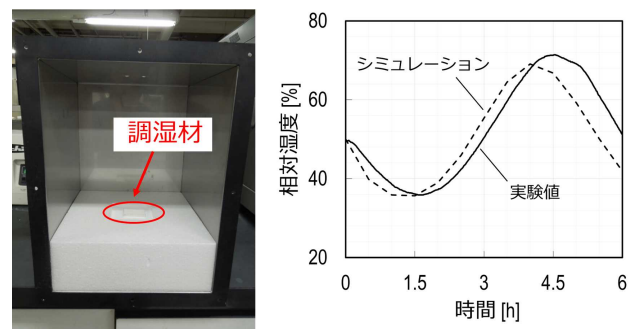


図2 計算方法の妥当性の検証

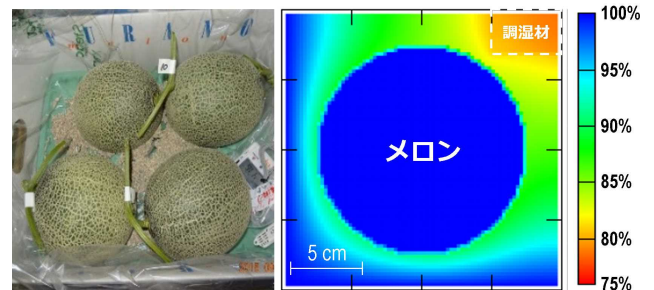


図3 包装資材内部の湿度分布

4 おわりに

調湿材の効果を予測するシミュレーションを開発し、目的の調湿材を効率よく探索する手法を確立した。建築・農業・機械分野で必要とされる調湿の要素技術として活用し、技術支援業務などを通じて普及に努めたい。

本研究で使用した自動蒸気吸着測定装置は、JKA 補助事業により整備されたものである。

（連絡先：mori-takeshi@hro.or.jp、011-747-2362）

メタマテリアルの応用による新規ミリ波フィルタの開発

光・電波境界領域における電磁メタマテリアルの設計・作製・評価技術の開発

(平成30～令和元年度)

材料技術部 ○齋藤隆之、坂村喬史、米田鈴枝

産業システム部 宮崎俊之、ものづくり支援センター 本間稔規

1 はじめに

メタマテリアルは電磁波材料の新しい概念で、波長より十分小さな周期的な構造により、従来にない特性を付与した材料を言う。本開発では、自動車レーダなどで利用されるミリ波※領域で、一枚のフィルタに、波長の選択的透過性や角度による指向性を付与することを目指した。これにより自動車レーダシステムが大幅に簡易化・低コスト化されることが期待される。また、テラヘルツ波や赤外線などの他の波長領域への拡張により、これまでにない機能性材料へ応用することも考えられる。

※波長が1～10mm、周波数に換算して30～300GHzの電磁波

2 実験と結果

2.1 構造体のデザインと作製

最初に、ミリ波での特異的な透過性が予測される微細構造をデザインした。その周期構造の最小単位(単位要素)を図1に示す。このような構造を周期的に平面に敷詰めた構造体を銀インクのインクジェット印刷と無電解めっきにより作製した(図2)。単位要素の外径は2mmで、構造部分は金属銅(厚さ3 μ m)でPET基材上に25 \times 22個を形成した。

2.2 ミリ波透過性評価

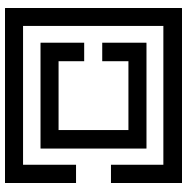


図1 単位要素



図2 作製した構造体

得られた構造体のミリ波透過性評価を行った。構造体は、測定装置の送信および受信アンテナの中間に設置した。周波数は装置の測定可能な最大範囲である75～110GHzとした。また送信アンテナからのミリ波は、電界が垂直方向に振動する縦偏波となっているため、図1に示した単位要素の配置方向により、透過性が異なると予想された。図1の配置を”縦”、紙面に対し垂直軸の周りに90度回転させた配置を”横”とした。さらに中央部に置いた構造体の角度を、ミリ波の進行方向に垂直な向きを0度として60度まで角度を変化させ、指向性を測定した。

図2の構造体の”横”における透過性測定結果を図3に示す。構造体は75～85GHzをほぼすべて透過し、95GHz近傍はほぼ完全に吸収し、さらに100GHz近傍では100%近く透過するなど、透過と吸収が交互に変化する特異性を示した。図4でその指向性を見ると、76および81GHzのミリ波に対し、0度から20および30度程度の角度までを特に選択的に透過する挙動を示した。こうした透過性や指向性は、ミリ波領域においてはこれまでの物質では得られなかった特性である。

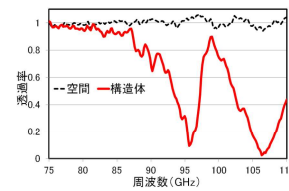


図3 透過性測定結果

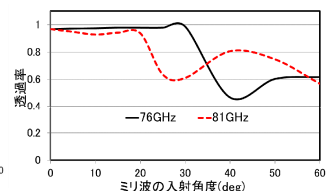


図4 指向性測定結果

2.3 透過性の理論計算

透過性を、電磁界シミュレーションによる理論計算で求めた。その結果、図5のように透過性の実測を非常に良く再現でき、用いた理論計算の妥当性が確認された。これにより、構造体の設計段階から理論計算を利用できる可能性が見いだされた。

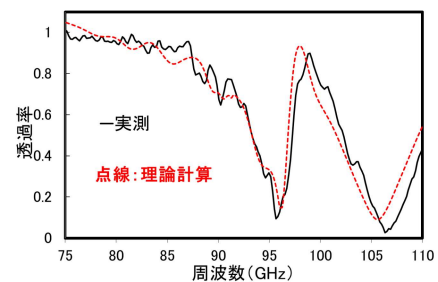


図5 実測と理論計算による透過性の比較

3 おわりに

メタマテリアルの原理により、これまでの物質では得られなかったミリ波の透過性や指向性を有するフィルタを得ることができた。現段階では、透過性を自在に設計出来るところまで到達していないが、さらに高度化を図るとともに、自動車レーダ関連製品などへの応用についても検討していく。

(連絡先: saitou-takayuki@hro.or.jp、011-747-2979)

青果物の長期貯蔵を可能とする新触媒のモジュール化

常温鮮度保持装置の実現に向けたプラチナ触媒フィルターの開発（令和元年度）

材料技術部
北海道大学

○執行達弘、野村隆文、森 武士、山岸 暢

1 はじめに

青果物の長期貯蔵技術は、高収益化やフードロス削減に寄与できる技術として期待されている。そのひとつとして、貯蔵中の青果物から発生し、1ppmの濃度でも青果物を成熟・腐敗させるエチレンガスを除去分解する技術が数多く提案されている。北海道大学が開発したプラチナ触媒は、低温でもエチレンガスを完全分解でき、材料の定期的な交換が不要という画期的な固体触媒である。発表者らは、この触媒の低コスト化と、大型の貯蔵庫での実用を可能とするモジュール（≒部品）化に取り組んでいる。

2 触媒の低コスト化

プラチナ触媒では、ナノサイズのプラチナ粒子が合成シリカの「土台」に固定されている。しかし、合成シリカの使用はコストにおいて不利である。一方、稚内層珪質頁岩は、北海道で産出され、安価で販売されているシリカ鉱物である。そこで、合成シリカの代替として稚内層珪質頁岩を用いた新触媒の開発に取り組んだ。触媒中のプラチナ粒子の含有量や、稚内層珪質頁岩の表面状態の改質などの材料設計を試み、合成シリカを用いる場合と同等の性能をもつ新触媒を低コストで作製できるようになった(技術移転フォーラム2019など)。

3 新触媒のモジュール化

新触媒は粉末であるため、大型の貯蔵庫での実用を可能とするには、導入可能なモジュール化を行う必要がある。通常、大型の貯蔵庫には空調機が設置され、エチレンガスを含む庫内の空気を循環させている。そこで次に、空調機の送風口に装着できる新触媒フィルターを開発することとした。入手が容易な市販のフィルター基材に、バインダーを用いて新触媒を塗布、乾燥することで、新触媒フィルターを作製し(図1)、その性能を評価した。

3.1 フィルター基材の検討

フィルター基材として、高分子3種類(ポリアミド・ポリエステル・モダアクリル)と、セラミックス1種類(アルミナ)を用いて新触媒フィルターを作製し、外観を比較した。高分子3種類は明らかに

収縮したのに対し、セラミックスであるアルミナは強度と耐熱性に優れ、外観に問題はなかった。圧力損失も15Paで、十分に使用可能な値であった。

3.2 バインダーの検討

バインダーとして、有機系(メチルセルロース)と、無機系(シリカゾル)を用いて新触媒フィルターを作製し、エチレンガス分解性能を回分式反応試験(22.5℃、RH50%、エチレンガス初期濃度1ppm)により評価した。メチルセルロースを用いた場合、3時間でも23%しか分解されなかった。一方、シリカゾルを用いた場合では、1時間で89%、3時間では100%が分解された。微構造観察により、前者では、メチルセルロースが新触媒粒子の大部分を被覆していることがわかり、そのためエチレンガス分解性能が著しく低下したと推察している。

3.3 新触媒フィルターのエチレンガス分解性能

フィルター基材にアルミナ、バインダーにシリカゾルを用いて作製した新触媒フィルターは、5ppmのエチレンガスを3日で検出下限値(0.15ppm)以下に分解できた。フィルターの使用枚数や配置の最適化により、さらに短時間での分解が期待できる。また、検出下限値以下に分解した後に追加で導入したエチレンガスも分解し続けていることから、長時間かつ繰り返しの使用にも耐えられることがわかった。



新触媒粉末 バインダーを添加 フィルター化

図1 新触媒フィルターの作製方法

4 おわりに

現在、基礎研究と並行して貯蔵庫での実証試験に着手している。今後、スケールアップによる課題を解決し、早期の実用化を目指す。

本研究は、北海道大学の「ロバスト農林水産工学研究プログラム」により実施したものである。

(連絡先: shigyo-tatsuhiko@hro.or.jp、011-747-2362)

金属製部品の破損解析事例

技術指導（令和元年度）

材料技術部 ○飯野 潔、中嶋快雄

ものづくり支援センター 宮腰康樹、板橋孝至

1 はじめに

部品の破損原因を調査することは、同じ事故を防止し、より良い製品をつくるために極めて重要な手掛かりが得られる。金属製部品の破損解析について、工業試験場材料技術部では①まず、設計、製造、使用状況について聞き取りを行い、②外観・破断面をマクロ観察し、③必要があれば電子顕微鏡でミクロ観察を行う、というスキームで対応してきた。特にミクロ観察による金属の破面観察においては、ディンプル破面、へき開破面、ストライエーションなどの特徴的な破面が観察され、延性破壊、脆性破壊、疲労破壊などの破壊モードの判別に重要な手がかりとなる。

本発表ではステンレス鋼製ばねの疲労破壊事例を2例紹介する。

2 事例その1

本件はマクロ観察で重要な情報を得ることができた事例である。引張荷重をくり返し受けるステンレス鋼製のばね（素線径3.5 mm）が使用中にフック部で破断した。実体顕微鏡による破面のマクロ写真（図1）では、金属疲労に特有の痕跡であるビーチマークが明瞭であり、使用状況等の聞き取り情報と合わせて、疲労破壊であると判断した。



図1 破面の顕微鏡写真

3 事例その2

本件はミクロ観察で重要な情報が得られた事例である。圧縮荷重をくり返し受けるステンレス鋼製の

ばね（素線径0.5 mm）が使用中に破断した。このばねは両端を研削しているため、特に端部で線径が細くなって応力が大きくなりやすく、この事例においても端部付近で破断していた。

図2に破面全体の電子顕微鏡写真を示す。図3は図2の点線部の拡大である。金属疲労に特有であるストライエーション状の破面が観察されたことから、疲労破壊が進行したあと延性破壊したものと推定された。

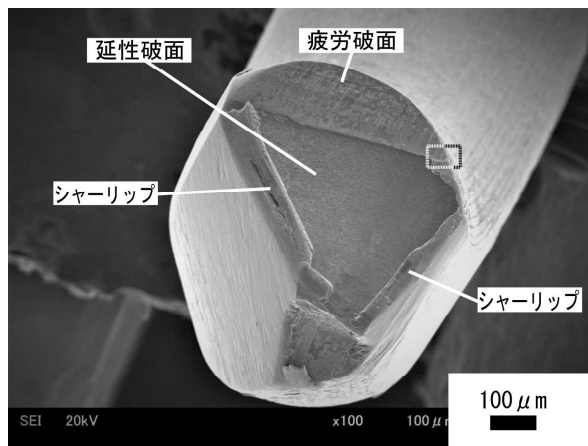


図2 破面全体の電子顕微鏡写真

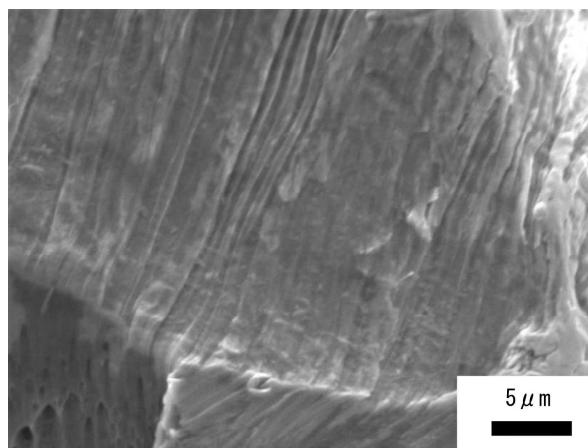


図3 ストライエーション状の破面

4 おわりに

工業試験場では金属製部品の破損解析に取り組んでおり、事例・データを蓄積して、今後の技術指導に役立てていく予定である。

（連絡先：iino-kiyoshi@hro.or.jp、011-747-2969）

環境に優しい産業機械部品用洗浄方法の調査

大型産業機械部品のメンテナンスに向けた環境調和型洗浄技術の開発
(平成30～令和元年度)

材料技術部 ○坂村喬史、米田鈴枝、齋藤隆之、飯野 潔
中嶋快雄、高橋英徳、可児 浩
ものづくり支援センター 宮腰康樹、板橋孝至

1 はじめに

産業機器のメンテナンス関連企業の現場において共通する重要な課題は洗浄工程の省力化と環境負荷の軽減である。特に内燃機関部品のススや電動機部品のワニス及び塵埃の洗浄に対する要望が多い。現状の洗浄工程では、大量の有機溶剤が用いられ、金ブラシなどを用い手作業で行われており、作業現場の作業環境の改善、将来的な人手不足への対応が強く要望されている。

本研究では、簡便な上に薬品を使用しないことから環境に優しい洗浄方法である超高压洗浄およびドライアイスブラストに着目し、これらの洗浄方法が産業用機械の汚れに対する有効性を検証した。

2 模擬汚れ試験片の作製

産業機械の汚れとして、内燃機関部品のススや電動機の塵埃汚れを採取し、SEM-EDS やラマン分光分析等を行った。その成分や化学状態などの結果から洗浄実験で用いる、模擬汚れ試験片を作製した。

図1(a)に示すC重油スス模擬汚れ試験片は、C重油とカーボンブラックを重量比9:1で混合したものを鋼板に塗布し炉にて250℃、1h乾燥した。図1(b)のワニス試験片は鋼板上にワニス塗布したものを使用し、軸受け用グリスとカーボンブラックと炭酸カルシウムを重量比5:1:1で混合したものをワニス試験片上に塗布したものを図1(c)の塵埃模擬汚れ試験片とした。

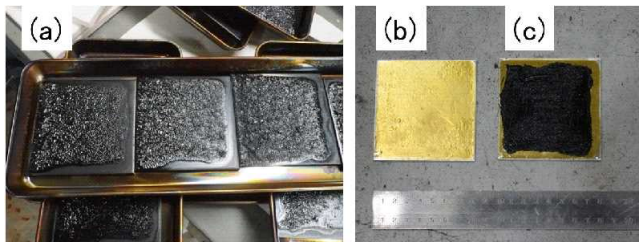


図1 各模擬汚れ試験片、(a)C重油スス模擬汚れ、(b)ワニス、(c)塵埃模擬汚れ

3 各洗浄実験および結果

実験で使用した超高压洗浄機(ケルヒャー製 HD 9/50 Ge)およびドライアイスブラスター(ケルヒャー製 IB 7/40)の諸性能を表1に示す。

表1 各洗浄装置の諸性能

超高压洗浄機 HD 9/50 Ge		ドライアイスブラスター IB 7/40	
吐出水圧	Max.50 MPa	吐出空気圧	0.2 ~ 1 MPa
吐出水量	500 ~ 900 l/h	ドライアイス吐出量	15 ~ 50 kg/h
最高給水温度	Max.60 °C	空気流出量	0.5 ~ 3.5 m ³ /min
		ドライアイスペレット	Φ3 mm

各洗浄装置において、模擬汚れ試験片を用いた洗浄実験をおこない、洗浄時間の測定、基材へのダメージ調査、および高速度カメラで観察した。

図2にC重油スス模擬汚れに対して、各洗浄装置の吐出量などの洗浄条件にて行った洗浄時間測定の結果を示す。従来行われている手洗いとの比較として、洗浄時間の目標時間を60secとしたが、いずれの洗浄条件においても目標を上回る速度で洗浄できることを明らかにした。また、塵埃模擬汚れに対しても、基材のワニスへのダメージが確認されたが目標を上回る速度で洗浄できた。

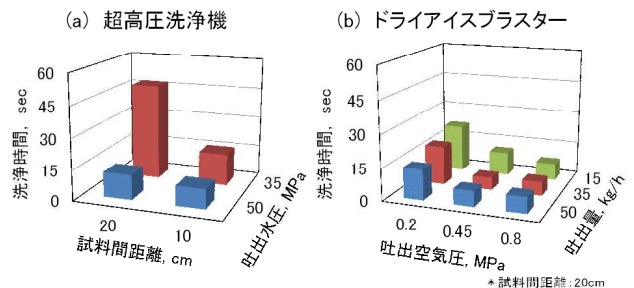


図2 C重油スス模擬汚れの洗浄時間測定の結果

4 まとめ

超高压洗浄機およびドライアイスブラスターの各洗浄評価を行った結果、従来の洗浄方法より優れた洗浄速度であった。今後は洗浄の対象物の拡大および適用範囲の把握などに向けてさらに研究を進める予定である。

(連絡先: sakamura-takasi@hro.or.jp、011-747-2979)

流動床ボイラにおける耐高温腐食摩耗合金の開発

耐高温エロージョン・コロージョン金属材料の開発（平成29年度～令和元年度）

材料技術部 ○米田鈴枝、飯野 潔、斎藤隆之、高橋英徳
ものづくり支援センター 宮腰康樹
（株）荏原製作所、荏原環境プラント（株）、
第一高周波工業（株）、北海道大学

1 はじめに

バイオマス燃焼流動床ボイラの伝熱管は、流動媒体である砂によるエロージョン（摩耗）及び環境中に含有する塩によるコロージョン（腐食）により、使用中に損耗する。現在多くのボイラでNi基自溶合金（JIS SFNi4）が使用されているが、耐高温エロージョン・コロージョン（以下 E-C）性は不十分である。著者らはこれまで、表1に示すようにJIS SFNi4よりも低Mo、低Si濃度にした耐高温 E-C 性に優れた新規 Ni 基自溶合金(以下：開発 Ni 基)を開発した。しかしながら、開発 Ni 基では Fe 濃度の最適化ができていなかったことから、本研究では耐高温 E-C 性におよぼす Fe の影響を調査し、より優れた自溶合金を開発した。

表1 SFNi4および開発Ni基の合金組成 (wt%)

	Ni	Cr	Fe	Mo	Si	B	C	Cu
SFNi4	Bal.	12-17	≤ 5	≤ 4	3.5-5.0	2.5-4.0	0.4-0.9	≤ 4
開発Ni基	Bal.	20	4	1	1	5.5	0.5	-

2 エロージョン・コロージョン特性の評価法

試料は図1に示すように、サンプルホルダーに固定した。KCl-NaCl 混合塩を 0.5wt%含有した砂を 700℃まで加熱し流動させ、衝突角度 45° で試料に衝突させた。サンプルホルダー内に水を循環させ、試料表面を 330-350℃に維持した。試験前後の厚さ変化および重量変化からエロージョン・コロージョン量を測定した。試験後の観察・分析は、SEM（走査型電子顕微鏡）等を用いて行った。

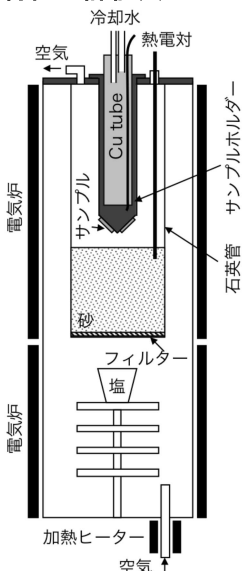


図1 装置模式図

3 Feの影響

Feの影響は、Ni-20Cr-(0, 10, 30)Fe(wt%)合金を用いて調査した。図2に各合金の250時間E-C試験後の厚さ減少量を示す。合金Fe濃度の増加に伴い減肉量が小さくなることから、Feは耐高温E-C性を向上

させることがわかった。E-C試験後のSEMによる断面組織観察およびEDS分析から、高Fe含有合金ほど形成する酸化皮膜の厚さは厚く、また、酸化皮膜中のFe濃度が高いことが確認された。これらの結果から、Feを主体とする酸化皮膜のエロージョン特性が優れていたため、耐高温E-C性が向上したと示唆された。

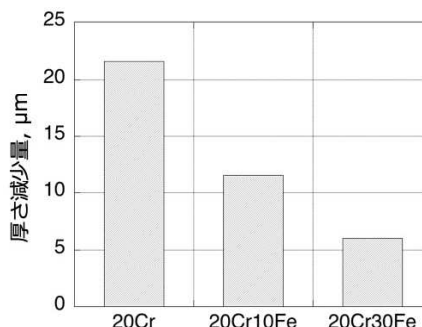


図2 Ni-20Cr, Ni-20Cr-10FeおよびNi-20Cr-30Fe合金の250時間試験後減肉量

4 新規自溶合金の提案

得られた結果に基づき、開発Ni基よりFeを高濃度で含有した高Fe含有Ni基合金（以下開発Ni-Fe基）組成を提案した（表2）。溶射プロセスにより試験片を作製しE-C試験を行った。250時間試験後の重量減少量は開発Ni基の約1/4であり、開発Ni-Fe基は耐E-C性に優れるという結果を得た。これは、狙い通りに合金母相中のFe濃度を約30%に高めることができ、母相の耐E-C性が向上したためであると考えられる。

表2 開発Ni-Fe基の合金組成 (wt%)

	Ni	Cr	Fe	Mo	Si	B	C	Cu
開発Ni-Fe基	Bal.	20	30	-	1	5.5	0.5	-

5 おわりに

耐高温E-C性におよぼすFeの影響を調査した結果に基づき、開発Ni基よりも耐高温E-C性に優れた開発Ni-Fe基自溶合金を開発した。今後は、高温E-Cメカニズムを詳細に検討していくとともに、より優れた材料の開発を引き続き行っていく。

（連絡先：yoneda-suzue@hro.or.jp、011-747-2979）

技術移転フォーラム2020 工業試験場 成果発表会

製品・生産関連技術分野

牧草刈り取り・踏圧作業に向けた自動運転システムの開発

有人車両と自動走行車両の協調作業によるサイレーズ踏圧作業体系の開発（平成 29～令和元年度）

産業システム部 ○中西洋介、堤 大祐、井川 久、今岡広一、川島圭太、林 峻輔
帯広畜産大学、(株)クボタ、(株)リープス、JA 道東あさひ、(有)ウエストベース

1 はじめに

北海道の生乳生産量は国内シェア 52%を占めるなど、酪農業は本道にとって重要な産業となっている。しかし、作業時期が限定的な牧草の刈り取りや、バンカーサイロ（以下、サイロ）内での牧草踏圧などの自給飼料調製作業では、作業機の運転オペレータ不足による作業の遅延、さらに、それに伴う牧草栄養価の低下などの問題が深刻化している。そこで、自動運転しながら刈り取りや踏圧作業を行う自動走行車両（以下、自動車両）を開発したので報告する。

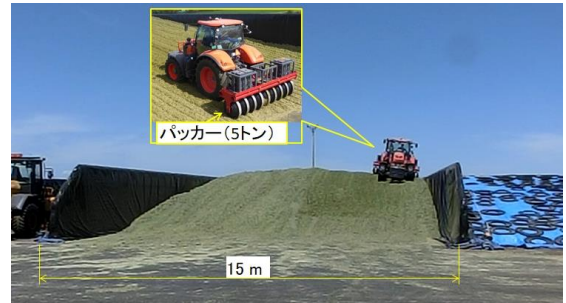


図 2 バンカーサイロおよびパッカー

2 自動運転制御システム

GNSS（GPS 等の衛星測位システムの総称）から得られる車両の位置情報と光ファイバジャイロ（FOG）から得られる車両の方位角情報、さらに、慣性計測装置（IMU）から得られる車両の傾斜角情報を用いてトラクタを自動運転する自動運転制御システムを開発した。図 1 に同システムを搭載した自動車両（(株)クボタ、M7-171 改造機）を示す。

3 踏圧自動運転試験

図 2 に踏圧自動運転試験を実施したサイロ（幅 15m、奥行き 50m）と牧草踏圧専用作業機パッカー（5 トン）を示す。パッカーを牽引した自動車両を繰り返し前進・後進させることで牧草が踏圧可能である。サイロ内を時速 5km で自動運転させた結果、前進時の走行誤差（目標経路からのズレ量）は 50mm 以下に制御することができたが、後進時の走行誤差は最大 465 mm とな

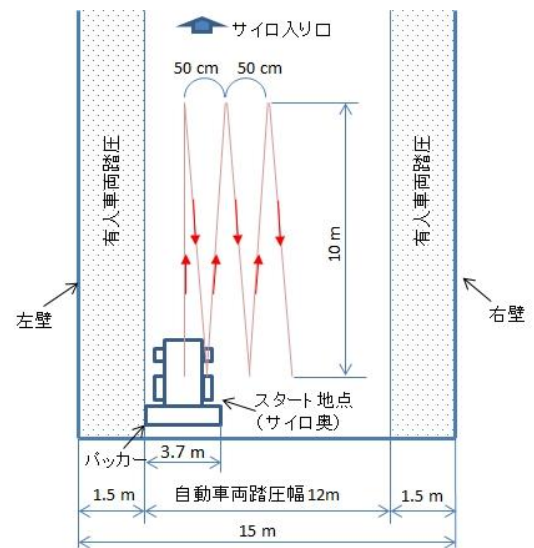


図 3 走行作業経路

った。これは、後進時においては、①トラクタとほぼ同等の質量のパッカー（5 トン）が車両前方にあること、②後方に位置する前輪で車両の方向を制御していること等が原因である。後進時の走行誤差が大きいため、サイロ内で踏圧自動運転を行うにあたり、自動車両はサイロの壁際から 1.5m 離れたサイロ中央部を踏圧するように走行作業経路を設定することにした。図 3 に走行作業経路を示す。

図 3 に示す走行作業経路にしたがって自動車両を走行させながら、有人車両との協調踏圧作業試験を実施した。図 4 に別海町で実施した公開デモンストレーションの様子を示す。協調作業を実施するにあたり、有人車両は自動車両の位置を確認しながら牧草の敷き均しと、サイロ壁際 1.5m の踏圧作業を実施するものとした。なお、有人車両のオペレータは無線操作端末で、必要に応じて自動車両の運転・停止を制御できる



図 1 自動走行車両



図4 協調踏圧作業試験の様子（公開デモ）



図5 協調踏圧作業の様子（自動車両内で撮影）

ようにしている。図5に、有人車両が自動車両の位置を確認しながら牧草の敷き均し作業を行っている様子を示す。このように有人車両と自動車両が協調することで、お互いに干渉することなくスムーズに踏圧作業が実施可能であることを確認した。

4 刈り取り自動運転試験

自動車両の前部と後部に各々幅3mと8.7mの刈り取り作業機械を搭載し、刈り取り自動運転試験を実施した。図6に別海町で実施した公開デモンストラーションの様子を示す。自動車両を時速10kmで自動走行させ、幅33m×長さ60mの長方形区画の牧草を刈り取



図6 刈り取り自動走行試験の様子（公開デモ）

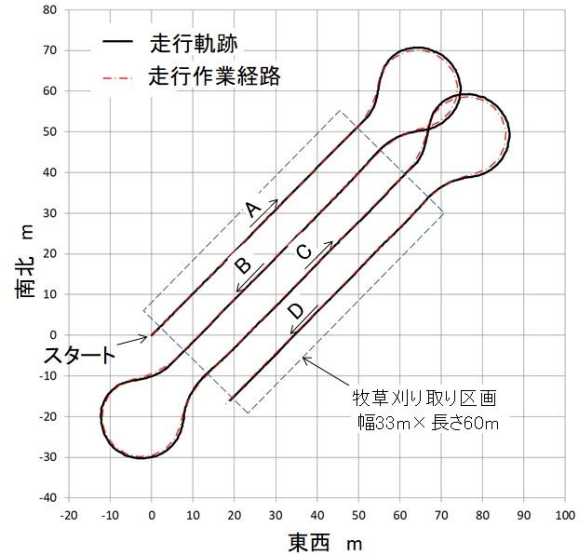


図7 刈り取り自動走行軌跡（GNSS データ）

った。図7に刈り取り時の走行軌跡を示す。図の一マスは10mであり、点線は走行作業経路、実線はGNSSから得られた車両の位置（アンテナ位置）データを示す。直進走行時に牧草を刈り取り、自動車両を畝幅8.2mで2往復させることで長方形区画の牧草を全て刈り取るように経路設定している。旋回方法は慣行作業を踏襲して前進しながら旋回する円弧ターン（旋回半径9.5m）とし、旋回時の車速は時速5kmとした。

旋回部から直進走行部へ進入する際、車両が直進走行部に対して若干オフセットした状態（最大47cm）で進入する場合は観察された。このオフセット値が走行誤差となる。しかし、直進走行を続けるにしたがって走行誤差は小さくなるように制御され、6~7m程度の走行で100mm以下になることを確認した。すなわち、直進経路の往復で刈り取り自動運転を実施する場合、往時と復時の刈り取り作業機械の重なりを150mm程度に設定することで刈り残し無く刈り取り作業が実施できることを確認した。

5 まとめ

自給飼料調製作業における牧草の刈り取りと踏圧作業を行う自動運転制御システムを開発した。踏圧自動運転時においては後進時の走行誤差を小さくし、より壁際まで踏圧できることが望ましい。今後の課題として技術開発を進めていきたい。

※本研究は生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）」の支援を受けて行いました。

（連絡先：nakanishi-yohsuke@hro.or.jp、011-747-2945）

ICTを活用した見守り・健康支援システムの開発

ICTを活用した高齢者見守り・健康支援システムの開発（平成27～令和元年度）

産業システム部 ○中島康博、桑野晃希、泉 巖、飯島俊匡
企画調整部 橋場参生、前田大輔
ものづくり支援センター 大村 功

1 はじめに

北海道においては、過疎化や地域産業・経済の疲弊が急激に進み、地域社会の維持が困難な状況になることが懸念されている。なかでも、自治体の福祉サービスは質や効率の低下が予想されており、市街地から遠い集落に居住する高齢者の通院や、隣家が離れた住宅における緊急事態への対応も課題となっている。

本研究では、このような地域に暮らす高齢者が健康的な生活を安心して送れるようにするために、また、自治体等の高齢者福祉施策の効率化を支援するために、ICTを活用した見守り・健康支援システムの開発に取り組んだ。

2 見守り・健康支援システムのニーズ調査

高齢者の見守りや健康の維持・増進を図るシステムに必要とされる情報や関連分野の技術動向等について、協力自治体である喜茂別町を中心にニーズ調査を行った。

その結果、以下の意見が得られた。

- ・既製システムでは地域ごとのニーズを反映することが困難で、各自治体にあった仕組が必要である。
- ・事象が発生した後の対応ではなく、生活情報を活用した予防的支援を可能にしたい。
- ・町立病院や社会福祉協議会等、関連機関と情報共有して支援を行いたい。

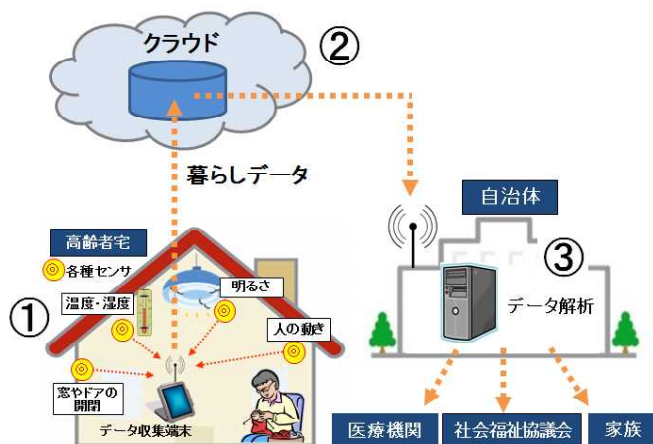


図1 見守り・健康支援システムの概略

3 システムの開発

本研究ではこれらの調査結果から、図1に示す見守り・健康支援システムの開発を行った。開発したシステムは、生活情報を収集するため、住宅内の複数の箇所に、人感センサ、湿度センサ、照度センサ、ドア開閉センサなどを設置して無線センサネットワークを構築し、さらに血圧計のデータなども同様に無線で収集可能とした（図2）。収集した情報はクラウド上に蓄積することにより、長期間の居住者の宅内での動きや各室の環境の変化、血圧や体温などの推移を可視化できるようにした。

また、センサの応答状況などを関係機関にメールで通知する機能を付加し、定期的な安否確認とともに情報の共有を可能とした。

開発したシステムは喜茂別町の独居高齢者宅2軒に設置し、運用試験を行った。収集データを解析した結果、居住者の安否の確認だけでなく、起床、就寝、照明の点灯・消灯、玄関の開閉など、生活に伴う様々な情報を取得できることを確認した。



図2 無線式見守りセンサ

4 まとめ

開発したシステムは、居住者の安否の確認だけでなく、生活パターンの把握など様々な情報の取得に利用可能なシステムである。今後も実用化に向けた検討を進めていく予定である。

(連絡先：nakajima-yasuhiro@hro.or.jp、011-747-2974)

複合粉末による金属 3D 造形品の品質評価

金属粉末 3D 造形による複合材料製作技術の開発（平成 29～令和元年度）

材料技術部 ○戸羽篤也、鈴木逸人
近畿大学 理工学部 平野繁樹

1 はじめに

積層造形（3D プリント）技法は、従来の切削加工に代表される“除去加工”に対して“付加加工（Additive Manufacturing）”という新たな分野の加工プロセスとして注目を集めている。特に、造形材料に金属粉末を用いる“金属 3D 造形法”は、3D プリンタの特徴を活かし、機械加工では実現し難い複雑な形状や、多孔質金属などの機能性に優れた金属製品を製作できる。

本報は、硬質・脆性金属や造形時の熱影響を受けやすい金属など、積層造形が困難とされた金属材料に対して、バインダ金属を混合する「複合粉末造形法」の造形実験を行い、その造形条件の違いによる造形品質への影響に関する評価結果を報告する。

2 金属複合粉末 3D 造形法と適用事例

一般に、金属粉末積層造形法は、 $30\mu\text{m}$ 程度に粒度を揃えた金属粉末に対してレーザー光を照射して金属粉末を熔融し、既製材と溶接して立体を造形する。このとき、熔融・溶接時の急熱・急冷や造形後の残留応力により、脆性金属材料などでは亀裂の発生や崩壊により造形不能となるものがある。

金属複合粉末 3D 造形法は、こうした脆性金属や熱影響を受けやすい機能性金属に対して、図 1 の模式図に示すように、その材料より融点の低い結合金属の粉末を適量混合し、レーザー光照射によって、結合金属のみを熔融して主金属粉末を固着させて 3D 造形する手法を提供するものである。

磁気熱量効果を有する Fe-Mn 系合金による熱交換部品の製作に本技法を適用した事例を図 2 に示す。

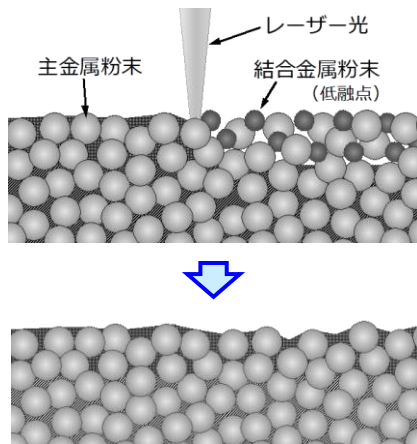


図 1 金属複合粉末 3D 造形法の概念模式図

造形には、主粉末となる Fe-Mn 系合金に結合金属として純錫粉末を 10wt% 混合した粉末を使用した。造形状態は、図 3 に示すように、主粉末が結合金属で固着されている様子を確認した。

3 粉末の配合条件の造形品質への影響

結合金属（錫）の配合量を、10wt%、20wt%、30wt% に変化させて造形試験を行い、その組織観察により主材、結合金属および空隙の構成容積比を計測した。また、比較のため純錫粉末のみで造形した試料と、結合金属を 30wt% 配合した複合粉末に対して与熱量を 50% 大きくした高入熱条件で造形した試料についても同様の計測を行った。

結果を図 4 に示す。純錫粉末のみで造形した試料では、ほぼ空隙のない健全な造形組織を観察した。結合金属配合量の変化に対し、結合金属の錫の占める容積が配合量に比例したが、主材の占める容積率には影響が見られず、その分、空隙率が減少する傾向を示した。また、造形時の予熱量を高くすると主材の容積比が増大した。

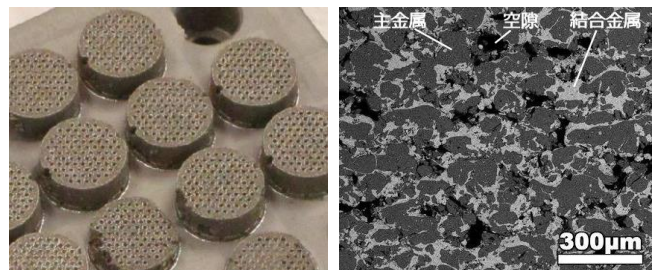


図 2 複合粉末造形事例 図 3 断面ミクロ組織 (EDS)

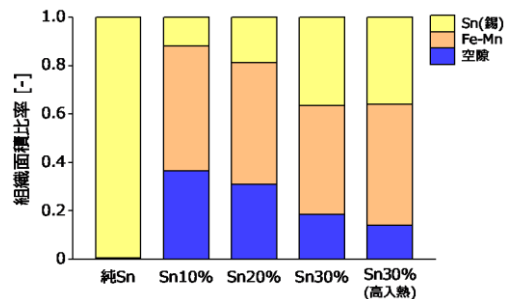


図 4 造形条件の造形材組織構成比率への影響

4 まとめ

金属複合粉末 3D 造形法について、その造形事例を得るとともに、その造形条件の造形品質への影響に関する知見を得た。

（連絡先：toba-atsuya@hro.or.jp, 011-747-2978）

生体情報計測を利用した心的状態推定

心的状態推定のための生体情報計測技術の開発（平成30～令和元年度）

産業システム部 ○泉 巖、栗野晃希、中島康博
企画調整部 前田大輔、橋場参生

1 はじめに

近年の健康意識の高まりを背景として、癒しやすストレス軽減などのメンタルケアを図る製品の開発が積極的に行われている。こうした開発現場では、製品が与える心的効果を検証するため、利用者の心的状態を客観的に把握する技術が求められている。

本研究では、生体情報からストレスやリラックス感などを推定するため、心拍変動および脳波の基礎律動の解析による心的状態推定手法を検討し、照明観察実験によりその有効性を検証した。

2 心的状態推定手法の検討

生体情報からストレスやリラックス感などを推定するための手法を検討した結果、興奮や鎮静状態の指標となる自律神経活動、意識状態と関連が深いとされる脳波活動の分析が有効と考えられた。そこで、自律神経活動の指標として、心電図の心拍変動解析により得られるLF (Low Frequency)*1成分およびHF (High Frequency)*2成分に着目した。また、脳波活動の指標として、脳波の周波数解析により得られる基礎律動*3成分に着目した。

次に、上記指標を利用した心的状態推定のため、照明が与える心的効果を評価する実験系を検討した。精神負荷と照明観察による各指標値の変化に着目するため、①安静課題、②計算作業による精神負荷課題、③照明観察課題（ゆらぎ・常時点灯・点滅の3パターン、図1）を①→②→③の順に提示する照明観察実験を実施した（図2）。

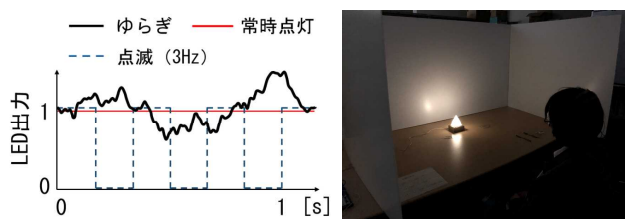


図1 照明の点灯パターン 図2 照明観察実験

*1 LF：心拍変動のパワースペクトルを 0.05-0.15Hz 区間で積分した値。交感神経活動（興奮状態）の指標となる。
*2 HF：心拍変動のパワースペクトルを 0.15-0.40Hz 区間で積分した値。副交感神経活動（鎮静状態）の指標となる。
*3 基礎律動：脳波の大部分を構成する特定の脳波活動のこと。
θ波（4-7Hz、傾眠状態）、α波（8-13Hz、安静状態）、β波（14-25Hz、覚醒状態）等に区分される。

3 実験結果および考察

照明観察実験により、以下の結果が得られた。

- ①常時点灯照明観察時に対し、ゆらぎ照明観察時のHFが有意に上昇した（図3）。
- ②点滅照明観察時に対し、ゆらぎ照明観察時のβ波成分が有意に低下した（図4）。

以上の結果より、ゆらぎ照明観察時は他の照明と比較して沈静度の上昇、覚醒度の低下が認められ、安らぎや落ち着きといった状態にあることが推定された。この推定結果は被験者の主観評価と一致したことから、本手法による心的状態推定の有効性を確認した。

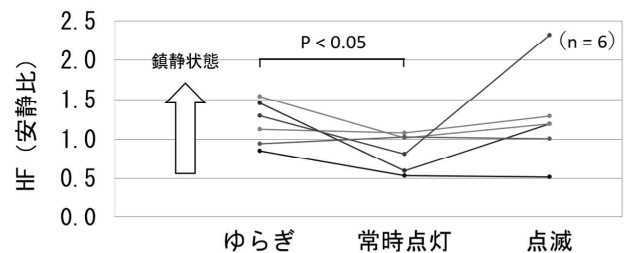


図3 HF（副交感神経活動指標）の解析結果

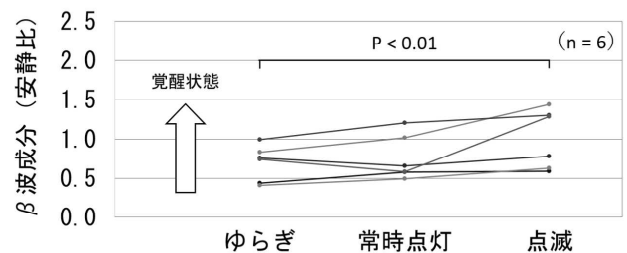


図4 β波成分（覚醒状態指標）の解析結果

4 おわりに

ストレスやリラックス感などを推定するため、心電図の心拍変動解析および脳波の基礎律動解析に着目した心的状態推定手法について検討した。3種類の点灯パターンを用いた照明観察実験を実施し、推定結果と主観評価の比較によって本手法の有効性を確認した。

今後は製品開発現場等への適用に向け、道内企業に対する技術支援を進めていく。

（連絡先：izumi-iwao@hro.or.jp、011-747-2975）

新製品開発のための企画立案支援ツールの開発

新製品開発における企画立案を支援するツールの開発（平成29～令和元年度）

道総研 連携推進部 ○日高青志、ものづくり支援センター 印南小冬、万城目聡

1 はじめに

顧客からの要望に応じて製品を開発・製造する受注型の製造業企業が、競争環境の変化等を見越して自社独自製品の開発に挑戦するケースが増えている。しかし、新製品開発における企画づくりの技術には、経験の少ない企業等が使える実践的なものがなく、直感に頼った方法で企画づくりが進められた結果、失敗に終わってしまうことも多い。

本研究では、企業との新製品開発ケーススタディを通じて企画づくりの手法や知識などを整理し、それらを提供する WEB サイトや企画づくり実践のためのワークシートを開発した。

2 企画づくりの手法・知識の整理

自社独自製品を開発したいと考える道内ものづくり企業 5 社を対象として、8 ヶ月に渡る商品企画実践講座（図 1）を実施し、商品化に至る開発品も生まれるなど有意義な成果を得ることができた。



図1 商品企画実践講座

この講座をはじめとする、企業との具体的な新製品開発のケーススタディを通じて、商品企画づくりの工程を図 2 に示す 5 つのステップに整理した。

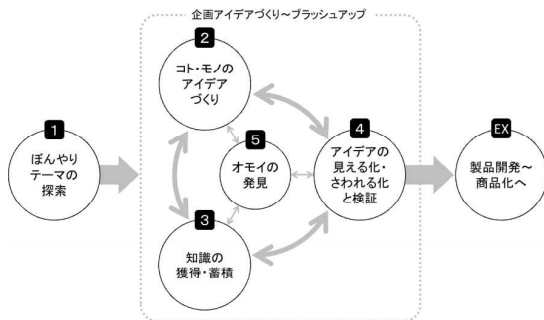


図2 企画づくりの工程

また、これらの工程に沿って企画づくりを進めていくための 38 個の具体的な手法を整理した。

3 企画づくり支援ツールの開発

新製品開発に臨む企業やその支援者が、企画づくりの工程や具体的な手法などの重要な情報を、企画会議など企画づくりの現場で手軽に参照できる WEB サイト（図 3）を開発した。



図3 トップページ

本 WEB サイトは、38 個の手法をカード及びリスト形式で参照できるようになっている。また、企画づくりのための重要な知識や、実践のためのワークシート（図 4）等も提供している。

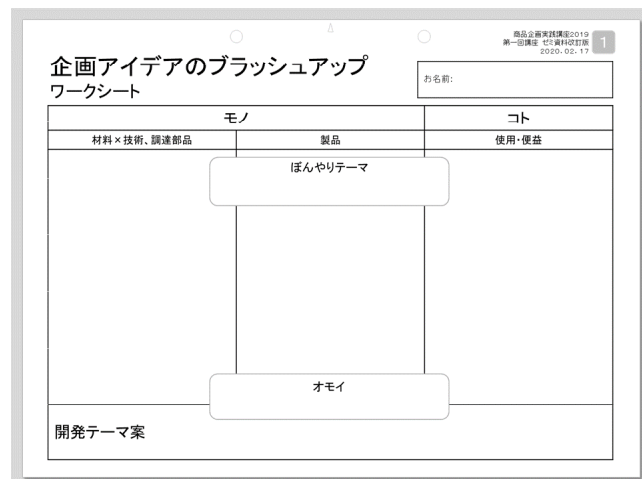


図4 ワークシート

4 おわりに

開発したツールは、今後技術指導やセミナー等を通じて普及・改良を図っていく。

（連絡先：hidaka-seiji@hro.or.jp、011-747-2810）

野菜の内部状態をセンシングするロボットハンドの研究

内部状態のセンシング機能を有するロボットハンドに関する技術開発(令和元年度)

産業システム部 ○川島圭太、井川 久、中西洋介
ものづくり支援センター 神生直敏

1 はじめに

本道の食品加工現場では、原料の投入工程において不良品の判別作業に多くの人手を費やしている現状がある。そのため、労働力不足の中でロボットなどの導入による自動化・省人化が喫緊の課題である。

食品加工現場の自動化が進む中、原料の外観からは判断できない傷みや腐れなどの内部状態を取得し、不良品として判別する作業を代替できるロボットは実用化されていない。

本研究では人参を対象として、ロボットに装着が可能であり、かつ、原料把持時に傷みや腐れなどの内部状態が判別可能なロボットハンド(以下、ハンド)の開発について報告する。

2 ロボットハンドに適したセンサ部の選定

ハンドに組み込みが可能で、かつ、人参を切断することなく内部が木質化した状態の人参(以下、抽苔)と、正常な人参(以下、正常)を判別することができるセンサ部の選定を行った。

本研究では、超音波および振動センサについて調査を行った。超音波センサは、いずれの波長帯でも抽苔と正常の判別ができなかった。一方、小型の振動センサ(図1)では、抽苔と正常の判別が可能であり、判別率95.4%であった(試験本数内訳:抽苔20本、正常46本)。以上のことから、図1に示す小型振動センサを選定した。

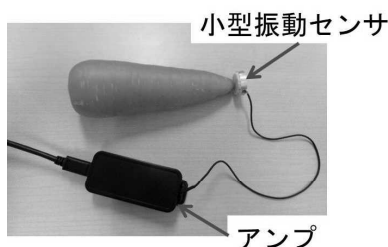


図1 小型振動センサ

3 センシング機能を有するロボットハンドの開発

柔軟な樹脂の伸縮を制御できる空気圧駆動のハンドを3DCADで設計した。設計時には、有限要素法を用いた構造解析シミュレーションを活用し、ハンドの人参把持部の強度や変位量を確認するなどして、人参の把持に適した形状を検討した。

検討結果を基に、3Dプリンタを用いて小型振動センサを組み込んだハンドを試作した(図2)。材料として柔軟な樹脂の熱可塑性エラストマー(ゴム硬度60)を使用した。

試作したハンドで人参を把持し、センサ部を人参に押し当てることで抽苔が判別可能か試験をした。試験後、発生したハンドの不具合を修正し、設計に反映させ、再度試作を行う工程を繰り返した。その結果、試作したハンドで自動的に人参が把持され、かつ、抽苔を判別できた(図3)。

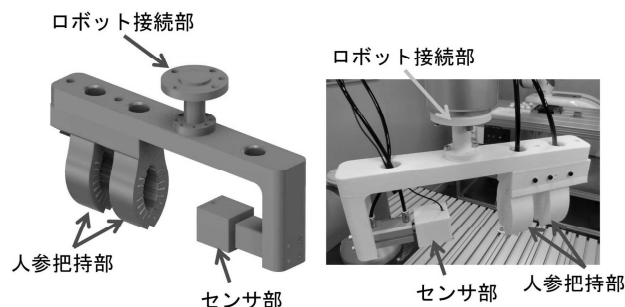


図2 ロボットハンドの設計・試作

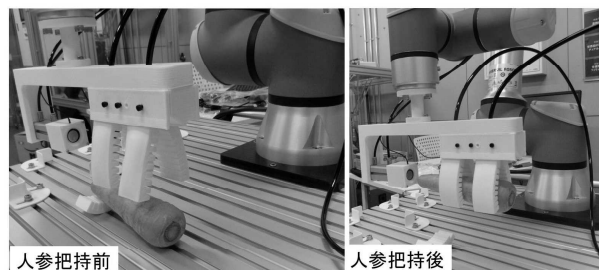


図3 人参把持試験

4 おわりに

本研究では、振動センサを用いた食品の内部欠陥判別技術と、3Dプリンタを用いた柔軟なハンド製作技術について報告した。本知見は、食品製造機械の自動化などの研究開発で活用していく予定である。(連絡先:kawashima-keita@hro.or.jp、011-747-2957)

効果的な技術・技能継承手法の普及活動

技術指導（令和元年度）

ものづくり支援センター ○神生直敏

1 はじめに

道内の各種産業では、少子化・高齢化が進む中、早急に若手作業員に対する技術・技能継承を行う必要がある。これまで当場では、道内製造業における効率的な技術・技能継承を支援するために、視線計測装置の活用や、技能分析・学習ツールなどの研究開発を行ってきた。昨年度は、札幌市・石狩市内の工業団地協同組合の協力を得て、技術・技能継承に関わる研修会やセミナーを実施した。また、セミナー参加企業からの相談を受けて、視線計測を実施し、熟練者と非熟練者の加工作業を分析した。

2 実施内容

2.1 作業分析演習を交えた研修会の実施

昨年9月に実施した「品質評価技術研修」の中で、講師にトリニティ・プログラムの野中帝二代表を招へいし、技術・技能継承の実践例として「卵焼き作業」の作業分析を行う演習を実施した。

具体的には、熟練者の卵焼き作業のビデオ映像を見ながら、模造紙、付せん、マジックを使って作業を分析する方法であり、いくつかのグループに分かれて演習を行った。分析結果の例を図1に示す。簡単に熟練作業の分析・整理を実現できる方法であり、道内中小企業でも十分に実施可能な方法であることから、今後、技術・技能の継承に取り組みたい企業等に勧めていく。



図1 作業分析演習例（テーマ：卵焼き作業）

2.2 工業団地協同組合でのセミナー開催

技術・技能の継承に興味のある企業向けに、札幌鉄工団地協同組合、札幌鉄工関連協同組合、札幌丘珠鉄工団地協同組合、石狩新港機械金属工業協同組合の協力を得て、10月にセミナー「IoTを活用したモノづくり技術・技能継承について」を実施した。

セミナーでは、トリニティプログラムの野中代表からの講演と、筆者からの「視線計測装置」の紹介とデモンストレーションを実施した。

後日、セミナー参加企業より熟練者と非熟練者の作業を分析して欲しいとの相談があり、視線計測装置による記録を実施した。その結果、両者の作業の相違点を映像化することができた。

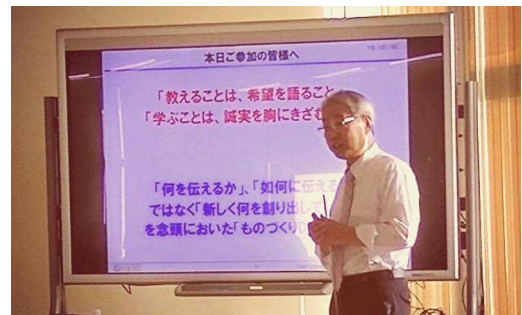


図2 セミナー風景
（上：野中代表、下：筆者）

3 まとめ

今回の普及活動では、効果的な技術・技能継承を目的として演習を含めた研修を実施し、さらに、セミナー参加企業からの要望で、現場作業の計測を実施した。

普及活動を進めるに当たり、トリニティ・プログラム 野中帝二代表、弘研（株） 柴田代表取締役および札幌鉄工団地、札幌鉄工関連、札幌丘珠鉄工団地、石狩新港機械金属工業の各協同組合には多くのご協力を頂いた。各位に感謝の意を表する。

（連絡先:kamio-naotoshi@hro.or.jp、011-747-2379）

電子家具カタログへのAR技術の導入支援

AR用家具モデルのテクスチャライブラリ構築と普及（令和元年度）

ものづくり支援センター ○安田星季
（株）カンディハウス

1 はじめに

AR（拡張現実）は、スマートフォン等の画面に3Dモデルを原寸大で、あたかも実空間に存在するかのように表示できる技術である（図1）。道内家具メーカーの（株）カンディハウス（以下、CH社）は販売促進のため、同社の電子カタログに同技術の導入を検討しているが、現物に近い質感のAR用モデルデータ（以下、ARD）の作成実績や知見がないことが課題となっている。そこで、当時は製品の3DCADデータからARDを作成する方法や、同社が使用する素材からモデル表面に付与するテクスチャ（質感）データ（以下、TD）を作成する方法等について調査や情報提供を行い、同社のAR技術導入に向けた検討を支援した。



図1 情報端末でのソファ3DモデルのAR表示例

2 CADデータからのAR用モデルデータの作成方法

3DCADデータからARDを作成する方法について調査、検討を行い、下記項目の知見を得た。①モデル表面にテクスチャを割り当てるなどのARDの開発はBlender等のCG（Computer Graphics）ソフトで行う。②ARDの形状の元となるデータは、CADソフトからCGソフト用へ出力したデータを用いる。③ARDはCGソフトから直接出力したり、変換プログラムを介したりして作成できる。こうした知見をまとめたARDの作成工程を図2に示す。



図2 CADデータからのAR用モデルデータの作成工程

3 素材からのテクスチャデータの作成方法

より現物に近いARDを作成するため、現物の素材からモデル表面に付与するTDを作成する方法を検討した。CH社が使用する木材等の素材の中から計8種のサンプルを取得し、図3に示す素材撮影セットにサンプルを設置し、1種のサンプルに対し複数のアングルで計9枚の画像をタブレット端末で撮影した。これらの画像をCG用テクスチャ作成ソフト（Substance Designer）で処理することにより、TDを作成した。



図3 素材撮影セット

4 AR用モデルデータの試作

ARD作成に関する上記の知見を活用し、CH社のソファ製品のARDを数種類試作した（図4）。試作を進める中で、CH社に情報提供や助言を行った。



図4 テクスチャデータを付与したAR用ソファモデル（左）と情報端末でのAR表示画面（右）

5 おわりに

CH社は、現在AR技術の導入に向けた検討段階である。当時は引き続き技術支援を行うとともに、ARを農業など道内の幅広い産業に活用するための研究開発、技術普及に取り組んでいく予定である。

（連絡先：yasuda-seiki@hro.or.jp、011-747-2967）

金属3Dプリンタ造形物の寸法精度向上方法

産総研戦略予算プロジェクト3D計測エボリューション（平成28～30年度）

材料技術部 ○鈴木逸人、戸羽篤也

1 はじめに

3Dプリント造形物は、使用する材料や方式により数十～数百 μm の寸法誤差を有することが知られている。高精度な3Dプリント造形物を製作する方法にクローズドループエンジニアリングと呼ばれる手法がある。これは、製作した造形物を測定し、測定データと造形に用いた3Dデータとを照合することで幾何誤差を定量化した後、3Dデータの修正、再造形のループを繰り返すことで造形物の形状誤差を収束低減させる手法である。理論上このループを数回繰り返すことで、造形誤差を排除することが可能だが、現実的にどの程度まで造形誤差が収束するのかは実証が必要である。

本研究では、金属3Dプリンタ造形物に対して、クローズドループエンジニアリングを活用することでどの程度造形精度が向上するのかについて検討を行った。

2 実験方法

評価用器物は、一辺30 mmの直方体の各頂点と直径15 mmの球の中心が一致するように配置した形状を用いた（図1）。造形は、金属光造形複合加工機（松浦機械製作所社製、Lumex Avance-25）を用いた。この装置の切削機構により、器物全体に切削加工を行った。材料は、マルエージング鋼粉末（松浦機械製作所社製、マツウラマルエージングII）を用いた。

造形した器物の各球の直径をマイクロメータで測定した。測定は、20 $^{\circ}\text{C}$ 恒温室内に24時間以上保管した後恒室内で行った。測定した誤差を修正するようにCADデータを変更し、再度造形した器物の球の直径を同じ手順で測定した。

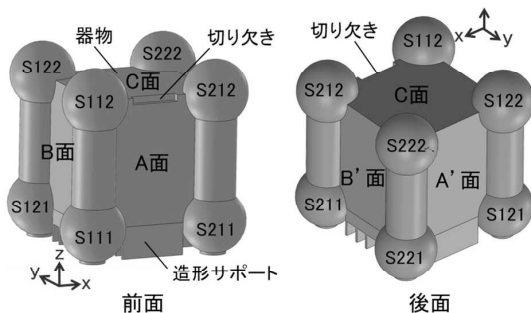


図1 造形器物CADデータおよび各位置の名称

3 測定結果

図2に造形した器物を示す。図3にCADデータ修正前後の球直径測定値を示す。修正前に最大0.045 mm程度収縮していた造形誤差が、CADデータを修正することで、最大0.005 mm程度まで収束した。

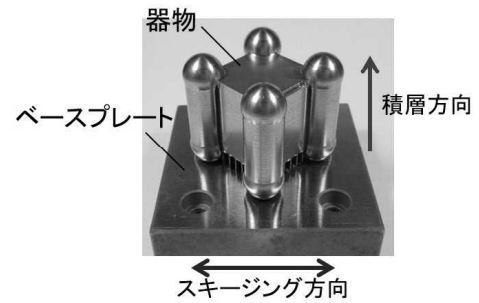


図2 造形した器物

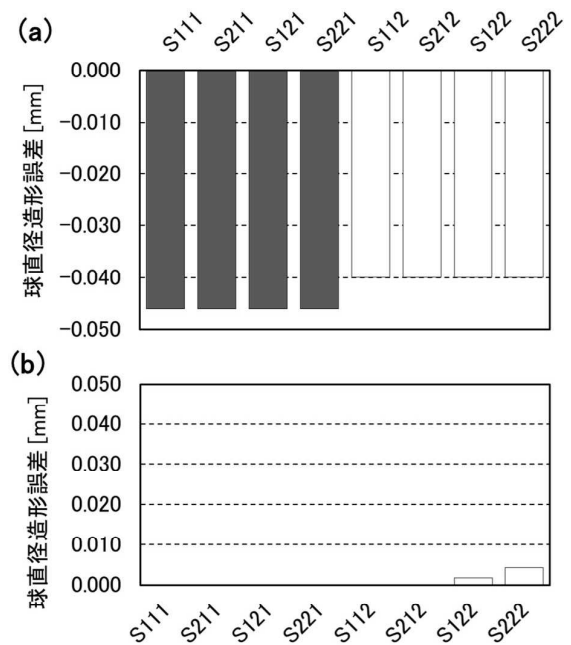


図3 (a)修正前測定結果、(b)修正後測定結果

4 おわりに

本研究は、金属3Dプリンタ造形物の寸法精度向上を目指し、CADデータを修正し、誤差を収束させる方法について実証した。高精度な造形物が必要な場合、造形後の変形量を考慮してCADデータを修正するクローズドループエンジニアリングが有効であることがわかった。本研究は、産総研戦略予算プロジェクト3D計測エボリューションにより実施した成果の一部である。

（連絡先：suzuki-hayato@hro.or.jp、011-747-2378）

生体情報計測による災害復興作業用ショベルの評価

人手による復興作業の負担軽減に資する作業用具の提案（平成30～令和元年度）

企画調整部 ○前田大輔 産業システム部 泉 巖
室蘭工業大学、浅香工業（株）

1 はじめに

近年、短時間豪雨や大雨の日数は増加傾向にあり、洪水や土砂崩れ等の災害が繰り返し発生している。災害からの復興においては、住宅街等に流れ込んだ大量の土砂を人海戦術で除去しなければならず、多大な労力を必要とする。このため、復興作業の負担を軽減する作業用具の開発が望まれている。

本研究では室蘭工業大学との共同で土砂除去作業用ショベルの開発に取り組んだ。土砂の除去作業に適する形状等の検討を踏まえて試作品を開発し、模擬作業における呼吸代謝計測試験により、従来品との比較評価を行った。

2 土砂除去作業用ショベルの試作

当場では、除雪作業の負担を軽減するUDスコップ（図1）を過去に開発している。S形状の柄により握り手の位置が高くなるため、雪をすくい上げる際の前屈や側屈が低減し、腰部の負担が軽減する。



図1 除雪用UDスコップ

まず、UDスコップを流用し、土砂を扱えるよう樹脂製のさじ部を金属に変更することを検討した。その結果、次の課題により作業性が悪化することが判明した。

- ①さじ部が重くなりすぎ、重量バランスが崩れる。
- ②除雪と異なり、土砂の除去では運搬用一輪車に土砂を移す必要があるが、S形状柄は持ち上げ時にさじ部の位置が低くなるため、腕の力で引き上げる必要がある（図2）。



図2 持ち上げ時のさじ部高さ（UDスコップ）

以上の検討結果を踏まえ試作した土砂除去作業用ショベルを図3に示す。パンチング加工等によりさじ部を軽量化し重量バランスを改善するとともに、S形状と比べ屈曲の程度を抑えたZ形状の柄とすることで、すくい上げ時の姿勢改善を図りつつ、一輪車へ土砂を積み込む際の作業性に配慮した。



図3 試作ショベル

製作 室蘭工業大学
浅香工業（株）

3 評価試験

土砂を想定した5kgの砂袋をさじ部に乗せ、すくい上げを繰り返す動作（図4）において、被験者6名による呼吸代謝計測試験を実施し、試作ショベルと従来品との比較を行った。試作ショベルを使用した場合に作業負担の指標となる酸素摂取量が約13%減少することを確認した（図5）。



図4 試験動作

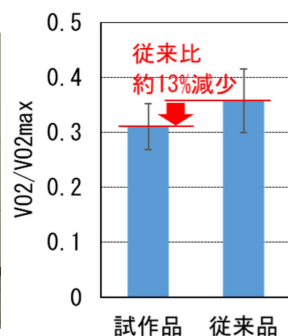


図5 酸素摂取量の比較

4 おわりに

豪雨災害等における復興作業の負担軽減を目的に、土砂除去作業用のショベルを試作開発した。模擬作業中の呼吸代謝計測試験により試作品を評価した結果、負担軽減効果を確認した。

今後は、使いやすさを考慮した柄形状の最適化等を進め、実用化を目指す。

（連絡先：maeda-daisuke@hro.or.jp、011-747-2341）

感性工学を活用したデザイン開発技術に関する調査

先進技術調査（令和元年度）

ものづくり支援センター ○大久保京子

1 はじめに

近年のものづくりにおいては、製品の安全性や機能性だけでは、競合との差別化が難しくなっている。そのため、ユーザーの使いやすさや、製品の外観などがもたらす印象等の感性品質に考慮した魅力あるものづくりが重要視されている。そこで、人の感情を論理的に捉える感性科学をものづくりに活かした「感性工学」を製品開発に取り入れることが進められている。本課題では、感性工学を製品デザイン開発技術として活用し、道内企業の商品の高付加価値化やブランド力向上を目指すために、最新の感性工学利活用の取り組みに関する動向を調査した。また、製品の外観の印象に大きく寄与する食品パッケージのデザイン評価では、アンケートやインタビューでは捉えきれない消費者の心理を表すデータとして視線計測が活用されている。そこで食品パッケージデザイン評価における視線追跡データの活用の可能性について検討を行った。

2 視線追跡装置を用いたワインラベルのデザイン評価

本実験では視線追跡装置（Tobii Technology K.K. Glass2 Wireless 50Hz）を使用し、モニター上に呈示したワインラベル画像を閲覧したときの被験者の視線計測を行った。被験者は6名（女性2名、男性4名）で、評価するワインは認知度の低い同価格帯の白ワインラベルを3種（A、B、C）選定した。また、画像の呈示は、3種のラベルを横並びにした画像を示し、店頭で1つ購入することを想定して閲覧してもらった。その後1つずつのラベルを呈示し、ワインラベルの印象についての7段階のSD評価アンケートとインタビューを実施した。その結果、視線の軌跡（図1）から、ワインラベルAのワイナリー名、ワインラベルBのぶどうの品種などの視線が停留しない箇所が明らかになった。一方で、ワインラベルAのイラスト、ワインラベルBのワイナリー名は、複数回視線が停留していることや、ワインラベルCに関しては、ラベル全体に視線が停留していることがわかった。また、得られた視線追跡データとインタビューやアンケート結果（図2）から、複数回視線が停留しているワインラベルBのワイナリー名のフォントや色に高級感を感じていること等がわ

かり、視線追跡データは、アンケートとインタビューを照らし合わせることで、パッケージデザイン評価として有効に活用できる可能性があることが分かった。

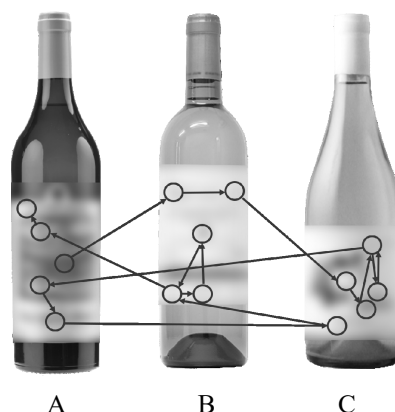


図1 評価画像の視線追跡（例）

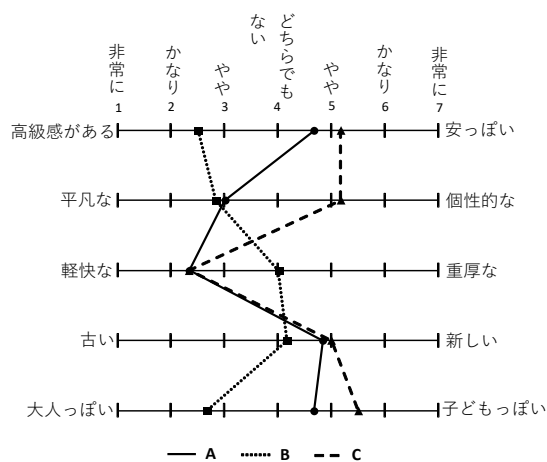


図2 SD評価アンケート結果

3 おわりに

感性工学を活用した製品開発の取り組み事例を調査し、当場の設備を利用した感性評価を検討した。視線追跡装置を使用したワインラベルのデザイン評価では、視線の軌跡とアンケートやインタビューを照らし合わせて、ラベルデザインと商品訴求性の関係を明らかにできる可能性を確認した。

今後は、視線計測でワインラベルデザインの誘目性の検証等を行っていききたい。

（連絡先：ookubo-kyouko@hro.or.jp、011-747-2377）

技術移転フォーラム 2020 工業試験場 成果発表会 発表要旨

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術環境研究本部
ものづくり支援センター 技術支援部 工業技術支援グループ
〒060-0819 札幌市北区北19条西11丁目
TEL 011-747-2346 直通ダイヤルイン
FAX 011-726-4057 代表
工業試験場ホームページ <https://www.hro.or.jp/iri.html>

